

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-090761

(43)Date of publication of application : 28.03.2003

(51)Int.Cl.

G01J 3/02

(21)Application number : 2002-142015

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD

(22)Date of filing : 16.05.2002

(72)Inventor : IMURA KENJI  
ICHIKAWA SUSUMU

(30)Priority

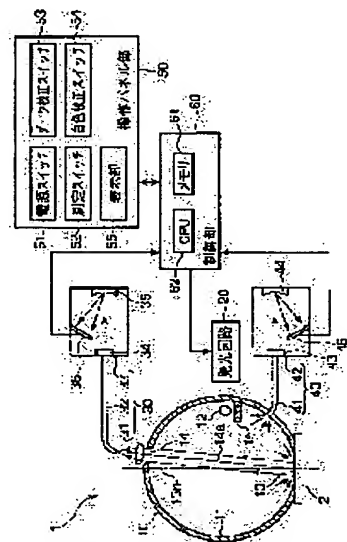
Priority number : 2001212547 Priority date : 12.07.2001 Priority country : JP

## (54) SPECTRAL CHARACTERISTIC MEASURING APPARATUS AND WAVELENGTH SHIFT CORRECTING METHOD OF SPECTRAL SENSITIVITY OF THE APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable a user to correct the shift in the wavelength direction daily in an actually using environment, without needing labor more than that for a white calibration.

SOLUTION: The apparatus is provided with a memory 61 for storing a spectral profile outputted from a sample light sensor array 36, upon receipt of a light from a lamp 12 and a plurality of spectral profiles to be outputted from the sensor array 61 at each of shift positions of the array 36, when the relative position of the array 36 to a diffraction grating 35 is shifted at specified pitches in a plurality of steps in a wavelength dispersion direction, and a CPU 62 which lights the lamp 12 with a calibrating white board disposed as a sample 2, compares a correction spectral profile outputted this time from the array 36, with each spectral profile being stored in the memory 61, to obtain a shift value corresponding to the correcting profile which most closely approximates as a wavelength shift correction value.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.09.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-90761

(P2003-90761A)

(43)公開日 平成15年3月28日 (2003.3.28)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 1 J 3/02

識別記号

F I

G 0 1 J 3/02

テーマコード(参考)

C 2 G 0 2 0

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 28 頁)

(21)出願番号 特願2002-142015(P2002-142015)

(22)出願日 平成14年5月16日 (2002.5.16)

(31)優先権主張番号 特願2001-212547 (P2001-212547)

(32)優先日 平成13年7月12日 (2001.7.12)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72)発明者 井村 健二

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

(72)発明者 市川 晋

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

(74)代理人 100067828

弁理士 小谷 悦司 (外2名)

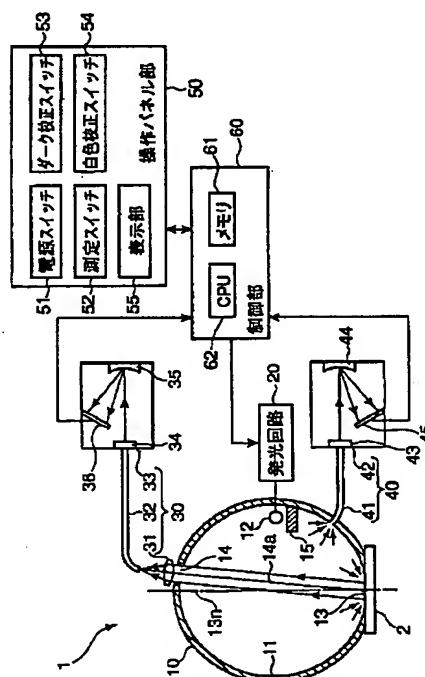
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 分光特性測定装置および同装置の分光感度の波長シフト補正方法

(57)【要約】

【課題】 白色校正以上の手間がかからず、ユーザが実際に使用する環境で日常的に波長方向のシフト補正を行えるようにする。

【解決手段】 ランプ12からの光を受光したときに試料光センサアレイ36から出力される分光プロファイルと、センサアレイ36の回折格子35に対する相対位置が波長分散方向に所定ピッチで複数段階シフトした場合に、各シフト位置においてセンサアレイ36から出力されるべき複数の分光プロファイルとが格納されたメモリ61と、試料2として校正用白色板が配置された状態でランプ12を発光させ、そのときにセンサアレイ36から出力される補正用分光プロファイルとメモリ61に格納されている上記各分光プロファイルとをそれぞれ比較し、補正用分光プロファイルに最も近似する分光プロファイルに対応するシフト量を波長シフト補正量として求めるCPU62とを備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 測定試料を照明する照明手段と、この照明手段を発光させる照明制御手段と、照明された上記測定試料からの光を波長ごとに分光する分光手段と、

上記分光手段の波長分散方向に所定間隔で配列され、それぞれ異なる波長の光を受光して光強度に応じた受光信号を出力する複数の光電変換素子を有し、当該複数の受光信号からなる分光プロファイルを出力する受光手段と、

上記各光電変換素子の分光感度が格納された分光感度記憶手段と、

上記分光プロファイルと上記各光電変換素子の分光感度とを用いて所定の測定波長域における上記測定試料の分光特性を算出する分光特性演算手段とを備えた分光特性測定装置において、

初期状態で特定波長に強度のピークを持つ所定光源からの光を受光したときに上記受光手段から出力される少なくとも上記特定波長を含む特定波長域の分光プロファイルと、上記受光手段の上記分光手段に対する相対位置が波長分散方向に所定ピッチで複数段階シフトした場合に、各シフト位置において当該受光手段から出力されるべき上記特定波長域の複数の分光プロファイルとからなる基準分光プロファイル群が格納された基準分光プロファイル群記憶手段と、

上記初期状態以後に上記所定光源を校正可能な状態で発光させる補正制御手段と、

上記所定光源が発光したときに上記受光手段から出力される補正用分光プロファイルと上記基準分光プロファイル群記憶手段に格納されている上記各分光プロファイルとを上記特定波長域においてそれぞれ比較し、上記補正用分光プロファイルに最も近似する上記基準分光プロファイル群記憶手段に格納されている分光プロファイルに対応するシフト量を上記初期状態からのシフト量である波長シフト補正量として求める補正量演算手段とを備えたことを特徴とする分光特性測定装置。

【請求項2】 上記所定光源は、連続スペクトルおよび上記特定波長の輝線スペクトルからなる分光強度分布を有するもので、上記照明手段として兼用されていることを特徴とする請求項1記載の分光特性測定装置。

【請求項3】 上記所定光源は、パルス状に発光するフラッシュランプからなるもので、上記照明制御手段は、上記フラッシュランプを所定時間だけ発光させるもので、上記補正制御手段は、上記フラッシュランプを上記所定時間より短い時間だけ発光させるものであることを特徴とする請求項2記載の分光特性測定装置。

【請求項4】 上記所定光源は、キセノンフラッシュランプからなるもので、上記特定波長は、700nm以上の波長域における輝線スペクトルに対応する波長であり、上記受光手段の上記分光手段に対する相対位置が上記初

期状態から波長分散方向にシフトしたときの、700nm以上の波長域における輝線スペクトルの波長方向のシフト量と上記測定波長域全体における平均的な波長シフト量との関係が格納されたシフト量記憶手段をさらに備え、上記補正量演算手段は、上記シフト量記憶手段に格納されている上記関係を用いて、上記補正用分光プロファイルに最も近似する分光プロファイルに対応するシフト量から上記測定波長域全体における平均的な波長シフト量を求め、これを上記波長シフト補正量とするものであることを特徴とする請求項2または3記載の分光特性測定装置。

【請求項5】 上記補正量演算手段は、上記補正用分光プロファイルの波長に対する差分データと上記基準分光プロファイル群記憶手段に格納されている各分光プロファイルの波長に対する差分データとの相関が最も大きい分光プロファイルに対応するシフト量を上記波長シフト補正量として求めるものであることを特徴とする請求項2～4のいずれかに記載の分光特性測定装置。

【請求項6】 上記補正量演算手段は、上記補正用分光プロファイルの波長に対する差分データと上記基準分光プロファイル群記憶手段に格納されている各分光プロファイルの波長に対する差分データとの相関値をそれぞれ求め、上記シフト量を変数として各相関値を所定の関数で近似し、当該近似関数の極大値を与えるシフト量を上記波長シフト補正量として求めるものであることを特徴とする請求項2～4のいずれかに記載の分光特性測定装置。

【請求項7】 上記基準分光プロファイル群記憶手段に格納されている上記各シフト位置において上記受光手段から出力されるべき上記特定波長域の複数の分光プロファイルは、上記所定光源の分光強度分布を測定し、上記各光電変換素子の分光感度を測定し、当該分光感度を波長方向に所定ピッチで複数段階シフトすることで複数の分光感度を数値的に合成し、当該合成された複数の分光感度と測定によって得られた上記所定光源の分光強度分布とを用いて求めたものであることを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の分光特性測定装置。

【請求項8】 上記補正用分光プロファイルは、上記初期状態以後における測定試料の分光特性測定に先立ち、上記分光手段が上記測定試料からの反射光を分光するものであるときは校正用白色板を上記測定試料に代えて配置した校正可能な状態で求められ、上記分光手段が上記測定試料からの透過光を分光するものであるときは上記測定試料を配置せず光が透過する校正可能な状態で求められることを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載の分光特性測定装置。

【請求項9】 上記補正量演算手段により求められた波長シフト補正量を格納するための補正量記憶手段をさらに備え、上記分光特性演算手段は、上記補正量記憶手段に上記波長シフト補正量が格納されているときは、上記

各光電変換素子の分光感度を上記波長シフト補正量だけシフトした分光感度を用いて上記測定試料の分光特性を算出するものであることを特徴とする請求項 1～8 記載の分光特性測定装置。

【請求項 10】 上記補正量演算手段により求められた波長シフト補正量を格納するための補正量記憶手段をさらに備え、上記分光特性演算手段は、上記補正量記憶手段に格納されている上記波長シフト補正量が所定値以上のときのみ、上記各光電変換素子の分光感度を上記波長シフト補正量に基づき設定された量だけシフトした分光感度を用いて上記測定試料の分光特性を算出するものであることを特徴とする請求項 1～8 記載の分光特性測定装置。

【請求項 11】 測定試料を照明する照明手段と、この照明手段を発光させる照明制御手段と、照明された上記測定試料からの光を波長ごとに分光する分光手段と、上記分光手段の波長分散方向に所定間隔で配列され、それぞれ異なる波長の光を受光して光強度に応じた受光信号を出力する複数の光電変換素子を有し、当該複数の受光信号からなる分光プロファイルを出力する受光手段と、

上記各光電変換素子の分光感度が格納された分光感度記憶手段と、

上記分光プロファイルと上記各光電変換素子の分光感度とを用いて所定の測定波長域における上記測定試料の分光特性を算出する分光特性演算手段とを備えた分光特性測定装置において、

初期状態で特定波長に強度のピークを持つ所定光源からの光を受光したときに上記受光手段から出力される少なくとも上記特定波長を含む特定波長域の分光プロファイルと、上記受光手段の上記分光手段に対する相対位置が波長分散方向に所定ピッチで複数段階シフトした場合に、各シフト位置において当該受光手段から出力されるべき上記特定波長域の複数の分光プロファイルとからなる基準分光プロファイル群を記憶しておき、

上記初期状態以後に上記所定光源を校正可能な状態で発光したときに上記受光手段から出力される補正用分光プロファイルと、上記基準分光プロファイル群に含まれる各分光プロファイルとを上記特定波長域においてそれぞれ比較し、

上記補正用分光プロファイルに最も近似する上記基準分光プロファイル群内の分光プロファイルに対応するシフト量を上記初期状態からのシフト量である波長シフト補正量として求めるようにしたことを特徴とする分光特性測定装置の分光感度の波長シフト補正方法。

【請求項 12】 上記各シフト位置において上記受光手段から出力されるべき上記特定波長域の複数の分光プロファイルは、

上記所定光源の分光強度分布を測定し、

上記各光電変換素子の分光感度を測定し、

当該分光感度を波長方向に所定ピッチで複数段階シフトすることで複数の分光感度を数値的に合成し、

当該合成された複数の分光感度と測定によって得られた上記所定光源の分光強度分布とを用いて求めるようにしたことを特徴とする請求項 11 記載の分光特性測定装置の分光感度の波長シフト補正方法。

【請求項 13】 連続スペクトルおよび特定波長の輝線スペクトルからなる分光強度分布を有し、測定試料を照明する照明手段と、

この照明手段を発光させる照明制御手段と、

照明された上記測定試料からの光を波長ごとに分光する分光手段と、

上記分光手段の波長分散方向に所定間隔で配列され、それぞれ異なる波長の光を受光して光強度に応じた受光信号を出力する複数の光電変換素子を有し、当該複数の受光信号からなる分光プロファイルを出力する受光手段と、

上記分光プロファイルを用いて所定の測定波長域における上記測定試料の分光特性を算出する分光特性演算手段とを備えた分光特性測定装置の分光感度の波長シフト補正方法であって、

複数の上記分光特性測定装置の上記各照明手段の分光強度分布をそれぞれ測定し、それらの測定結果に基づき少なくとも 1 つの分光強度分布を選択し、

初期状態の補正対象の分光特性測定装置について、上記各光電変換素子の分光感度を測定し、当該分光感度を波長方向に所定ピッチで複数段階シフトすることで複数の分光感度を数値的に合成し、当該合成された複数の分光感度および上記測定された分光感度と選択された上記分光強度分布とを用いて上記受光手段から出力されるべき上記特定波長域の複数の分光プロファイルからなる分光プロファイル群を求め、

上記照明手段を校正可能な状態で発光したときに上記受光手段から出力される補正用分光プロファイルと、上記分光プロファイル群に含まれる各分光プロファイルとを上記特定波長域においてそれぞれ比較し、

上記補正用分光プロファイルに最も近似する分光プロファイルを与える分光強度分布について求められた上記特定波長域の分光プロファイル群を、当該補正対象の分光特性測定装置の基準分光プロファイル群として予め記憶しておき、

上記初期状態以後に補正対象の分光特性測定装置において波長シフト補正を行う際に、

上記照明手段を校正可能な状態で発光したときに上記受光手段から出力される補正用分光プロファイルと、上記記憶されている基準分光プロファイル群に含まれる各分光プロファイルとを上記特定波長域においてそれぞれ比較し、

上記補正用分光プロファイルに最も近似する上記基準分

光プロファイル群内の分光プロファイルに対応するシフト量を上記初期状態からのシフト量である波長シフト補正量として求めるようにしたことを特徴とする分光特性測定装置の分光感度の波長シフト補正方法。

【請求項 14】 複数の上記分光特性測定装置の上記各照明手段の分光強度分布をそれぞれ測定したときの測定結果において、典型的な分光強度分布を与える 1 つの分光特性測定装置を選択し、

選択された分光特性測定装置について、上記照明手段の発光時間を所定時間から所定ピッチで複数段階変化させたときの分光強度分布をそれぞれ測定し、

初期状態の補正対象の分光特性測定装置について、上記各光電変換素子の分光感度を測定し、当該分光感度を波長方向に所定ピッチで複数段階シフトすることで複数の分光感度を数値的に合成し、当該合成された複数の分光感度および上記測定された分光感度と各発光時間での上記分光強度分布とを用いて上記受光手段から出力されるべき上記特定波長域の複数の分光プロファイルからなる分光プロファイル群を求め、

上記照明手段を校正可能な状態で発光したときに上記受光手段から出力される補正用分光プロファイルと、上記分光プロファイル群に含まれる各分光プロファイルとを上記特定波長域においてそれぞれ比較し、

上記補正用分光プロファイルに最も近似する分光プロファイルを与える発光時間について求められた上記特定波長域の分光プロファイル群を、当該補正対象の分光特性測定装置の基準分光プロファイル群として予め記憶しておくようにしたことを特徴とする請求項 13 記載の分光特性測定装置の分光感度の波長シフト補正方法。

【請求項 15】 求めた上記波長シフト補正量を記憶しておき、その波長シフト補正量だけ上記各光電変換素子の分光感度をシフトした分光感度を用いて上記測定試料の分光特性を算出するようにしたことを特徴とする請求項 11～14 のいずれかに記載の分光特性測定装置の分光感度の波長シフト補正方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、分光測色計などの分光特性測定装置に係り、特に、経時劣化や周囲温度変化などによって受光手段の分光感度に生じる波長方向のシフトを補正する技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】分光測色計などの分光特性測定装置は、製造時に、レーザなどの輝線スペクトルや温度管理された色基準板を用いて受光手段の分光感度の振幅や中心波長、半値幅を校正した上で出荷される。ところが、出荷後に、経時劣化や周囲温度変化などによって受光手段の分光感度が振幅方向に変化したり波長方向にシフトしてしまうと、測定精度が低下してしまう。

【0003】例えば、一般に受光手段として、分光手段

の波長分散方向に所定間隔で配列され、それぞれ異なる波長の光を受光して光強度に応じた電気信号を出力する複数の光電変換素子を有するものが用いられるが、その場合、経時劣化などによって受光手段と分光手段との相対位置が波長方向に変化すると、受光手段の分光感度が波長方向にシフトしてしまうこととなる。

【0004】分光感度の振幅方向の変化については、測定前に日常的に行われる校正用白色板を用いた白色校正により比較的簡単に、従って十分な頻度で、しかも実際の測定環境条件下で補正することが可能である。

【0005】これに対して、分光感度の波長方向のシフトについては、現状では一般に、分光反射率が既知の基準色サンプルを測定し、得られた測定データと既知データとの差からシフト量を推定して補正することが行われている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、基準色サンプルは、温度依存特性の大きいものが多く、特に波長方向のシフトを補正するのに有効な急峻な分光特性を有する赤色、オレンジ色、黄色などの高彩度色の基準色サンプルは、温度依存特性として 1℃当たり 0.1nm 以上の値を持つ。

【0007】従って、基準色サンプルを用いて精度良く補正を行うために、既知の分光反射率が求められたときと同一の周囲温度で補正作業を行うか、または補正時における基準色サンプルの温度を測定して既知の分光反射率に温度補正を施すことが行われている。

【0008】ところが、前者は、温度管理された部屋で補正作業を行う必要があるので経費がかさむとともに、当該測定装置がその温度と異なる周囲温度の場所で使用される場合には、補正が実用的な意味を持たないという欠点があり、後者は、基準色サンプルの分光反射率の温度依存特定を予め測定しておき、補正時に、基準色サンプルの温度を測定して既知データを補正しなければならぬので、時間と手間を要するという欠点がある。特に、ポータブル分光測色計は、試験室を離れて周囲温度が異なる種々の環境で使用されるので、いずれの補正方法も現実的ではない。

【0009】このような問題点に加えて、基準色サンプルの測定や保管という手間を要するため、分光感度の波長方向のシフトの補正がユーザ側で日常的に行われることは殆どなく、メーカの工場に返送して行われることが多い。

【0010】このように、分光手段の分光感度の波長方向のシフトの補正については、その煩雑さから日常的には行われず、測定データの一貫性を保つのに大きな阻害要因になっている。

【0011】本発明は、上記課題を解決するもので、ユーザが実際に使用する環境で日常的に波長方向のシフト補正を行えるようにした分光特性測定装置および同装置

の分光感度の波長シフト補正方法を提供することを目的とする。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、測定試料を照明する照明手段と、この照明手段を発光させる照明制御手段と、照明された上記測定試料からの光を波長ごとに分光する分光手段と、上記分光手段の波長分散方向に所定間隔で配列され、それぞれ異なる波長の光を受光して光強度に応じた受光信号を出力する複数の光電変換素子を有し、当該複数の受光信号からなる分光プロファイル（分光強度分布）を出力する受光手段と、上記各光電変換素子の分光感度が格納された分光感度記憶手段と、上記分光プロファイルと上記各光電変換素子の分光感度とを用いて所定の測定波長域における上記測定試料の分光特性を算出する分光特性演算手段とを備えた分光特性測定装置において、初期状態で特定波長に強度のピークを持つ所定光源からの光を受光したときに上記受光手段から出力される少なくとも上記特定波長を含む特定波長域の分光プロファイルと、上記受光手段の分光手段に対する相対位置が波長分散方向に所定ピッチで複数段階シフトした場合に、各シフト位置において当該受光手段から出力されるべき上記特定波長域の複数の分光プロファイルとからなる基準分光プロファイル群が格納された基準分光プロファイル群記憶手段と、上記初期状態以後に上記所定光源を校正可能な状態で発光させる補正制御手段と、上記所定光源が発光したときに上記受光手段から出力される補正用分光プロファイルと上記基準分光プロファイル群記憶手段に格納されている上記各分光プロファイルとを上記特定波長域においてそれぞれ比較し、上記補正用分光プロファイルに最も近似する上記基準分光プロファイル群記憶手段に格納されている分光プロファイルに対応するシフト量を上記初期状態からのシフト量である波長シフト補正量として求める補正量演算手段とを備えたことを特徴としている。

【0013】この構成によれば、特定波長に強度のピークを持つ所定光源からの光を受光したときに上記受光手段から出力される少なくとも上記特定波長を含む特定波長域の分光プロファイルと、上記受光手段の分光手段に対する相対位置が波長分散方向に所定ピッチで複数段階シフトした場合に、各シフト位置において当該受光手段から出力されるべき上記特定波長域の複数の分光プロファイルとからなる基準分光プロファイル群が、初期状態、例えば装置の製造工程で求められ、基準分光プロファイル群記憶手段に格納されている。

【0014】そして、初期状態以後に所定光源が校正可能な状態で発光したときに上記受光手段から出力される補正用分光プロファイルと上記基準分光プロファイル群記憶手段に格納されている上記各分光プロファイルとが上記特定波長域においてそれぞれ比較され、補正用分光プロファイルに最も近似する分光プロファイルに対応す

るシフト量が初期状態からのシフト量である波長シフト補正量として求められる。

【0015】これによって、受光手段の分光手段に対する相対位置が波長分散方向に変化して各光電変換素子の分光感度が波長方向にシフトした場合でも、従来のように基準色サンプルを用いることなく、波長シフト補正量が求められることとなる。その結果、使用者に注意を喚起したり、必要な補正を行うことがユーザ側において容易に可能になる。

10 【0016】なお、上記所定光源としては、レーザのように特定波長の光を出力する光源や、例えばタングステンランプにディディミウムフィルタ、ホロミウムフィルタなどの特定波長を吸収するフィルタを付加することにより特定波長にピーク（谷）を持たせたものなどを採用することができる。

【0017】また、上記所定光源は、連続スペクトルおよび上記特定波長の輝線スペクトルからなる分光強度分布を有するもので、上記照明手段として兼用されている場合には（請求項2）、所定光源を別途準備する必要がなく構成が簡素化される。この所定光源としては、例えばキセノンランプ、水銀ランプ、クリプトンランプ、ヘリウムランプ等の輝線スペクトルを有する光源を採用することができる。

【0018】また、上記所定光源は、パルス状に発光するフラッシュランプからなるもので、上記照明制御手段は、上記フラッシュランプを所定時間だけ発光させるもので、上記補正制御手段は、上記フラッシュランプを上記所定時間より短い時間だけ発光させるものであるとすると（請求項3）、フラッシュランプの分光強度分布において、発光時間が短くなると連続スペクトルに対する輝線スペクトルの相対強度が増大することから、補正用分光プロファイルと基準分光プロファイル群の分光プロファイルを比較したときに連続スペクトルによる影響が軽減され、補正用分光プロファイルに最も近似する分光プロファイルを求める上で波長シフトへの感度を高めることができる。

【0019】上記フラッシュランプとしてキセノンフラッシュランプを採用すると、測定試料の分光反射特性や分光透過特性の測定が好適に行える。この場合において、上記特定波長を700nm以上の波長域における輝線スペクトルに対応する波長であるとする、短波長域で顕著なキセノンフラッシュランプの発光光率の経時劣化や分光手段、受光手段や照明手段などの光学素子の経時劣化による影響を受けることなく波長シフト補正量が求められる。

【0020】また、上記所定光源は、キセノンフラッシュランプからなるもので、上記特定波長は、700nm以上の波長域における輝線スペクトルに対応する波長であり、上記受光手段の分光手段に対する相対位置が上記初期状態から波長分散方向にシフトしたときの、700n



・m以上の波長域における輝線スペクトルの波長方向のシフト量と上記測定波長域全体における平均的な波長シフト量との関係が格納されたシフト量記憶手段をさらに備え、上記補正量演算手段は、上記シフト量記憶手段に格納されている上記関係を用いて、上記補正用分光プロファイルに最も近似する分光プロファイルに対応するシフト量から上記測定波長域全体における平均的な波長シフト量を求め、これを上記波長シフト補正量とするものであるとしてもよい（請求項4）。

【0021】この構成によれば、上記受光手段の上記分光手段に対する相対位置が初期状態から波長分散方向にシフトしたときの、700nm以上の波長域における輝線スペクトルの波長方向のシフト量と、上記測定波長域全体における平均的な波長シフト量との関係を用いて、上記補正用分光プロファイルに最も近似する分光プロファイルに対応するシフト量から上記測定波長域全体における平均的な波長シフト量が求められ、これが波長シフト補正量とされることにより、測定波長域全体に亘って波長シフトの補正を適正に行うことが可能になる。

【0022】また、上記補正量演算手段は、上記補正用分光プロファイルの波長に対する差分データと上記基準分光プロファイル群記憶手段に格納されている各分光プロファイルの波長に対する差分データとの相関が最も大きい分光プロファイルに対応するシフト量を上記波長シフト補正量として求めるものであるとしてもよい（請求項5）。

【0023】この構成によれば、上記補正用分光プロファイルと上記各分光プロファイルの波長に対する差分データを用いているので、連続スペクトルによる影響が抑制されることから、相関値の波長シフトに対する感度が向上し、波長シフト補正量が高精度で得られることとなる。

【0024】なお、上記構成において、基準分光プロファイル群記憶手段には、基準分光プロファイル群の各分光プロファイルの波長に対する差分データのみを格納しておくようにしてもよい。

【0025】また、上記補正量演算手段は、上記補正用分光プロファイルの波長に対する差分データと上記基準分光プロファイル群記憶手段に格納されている各分光プロファイルの波長に対する差分データとの相関値をそれぞれ求め、上記シフト量を変数として各相関値を所定の関数で近似し、当該近似関数の極大値を与えるシフト量を上記波長シフト補正量として求めるものであるとしてもよい（請求項6）。

【0026】この構成によれば、補正用分光プロファイルと各分光プロファイルの波長に対する差分データの相関値がそれぞれ求められ、シフト量を変数として各相関値が所定の関数で近似され、その近似関数の極大値を与えるシフト量が波長シフト補正量として求められることから、基準分光プロファイル群の全ての分光プロファイ

ルとの相関値を用いて、補正用分光プロファイルに対応する波長シフト補正量を求めているので、相関値データが含む誤差の影響が軽減される。

【0027】上記近似関数としては、例えば2次関数を採用することができる。

【0028】また、上記基準分光プロファイル群記憶手段に格納されている上記各シフト位置において上記受光手段から出力されるべき上記特定波長域の複数の分光プロファイルは、上記所定光源の分光強度分布を測定し、上記各光電変換素子の分光感度を測定し、当該分光感度を波長方向に所定ピッチで複数段階シフトすることで複数の分光感度を数値的に合成し、当該合成された複数の分光感度と測定によって得られた上記所定光源の分光強度分布とを用いて求めたものであるとしてもよい（請求項7）。

【0029】この構成によれば、上記各シフト位置において上記受光手段から出力されるべき上記特定波長域の複数の分光プロファイルは、測定によって得られる上記各光電変換素子の分光感度を波長方向に所定ピッチで複数段階シフトすることで複数の分光感度を数値的に合成し、当該合成された複数の分光感度と測定によって得られた上記所定光源の分光強度分布とを用いて求められることにより、分光手段と複数の光電変換素子との相対位置を実際に機械的に波長方向にシフトさせることなく、基準分光プロファイル群が容易に得られることとなる。

【0030】また、上記補正用分光プロファイルは、上記初期状態以後における測定試料の分光特性測定に先立ち、上記分光手段が上記測定試料からの反射光を分光するものであるときは校正用白色板を上記測定試料に代えて配置した校正可能な状態で求められ、上記分光手段が上記測定試料からの透過光を分光するものであるときは上記測定試料を配置せずに光が透過する校正可能な状態で求められるとしてもよい（請求項8）。

【0031】この構成によれば、補正用分光プロファイルは、初期状態以後における測定試料の分光特性測定に先立ち、分光手段が測定試料からの反射光を分光するものであるときは校正用白色板が測定試料に代えて配置された校正可能な状態で求められ、分光手段が測定試料からの透過光を分光するものであるときは測定試料を配置せずに光が透過する校正可能な状態で求められることから、使用者が白色校正を行う際に、現在の分光プロファイルを測定して波長シフト補正量を求めることが可能になるので、使用者側において、新たな手間を要することなく容易に波長シフト補正量が求められる。なお、上記光が透過する校正可能な状態は、透明板を配置したり、何も配置しないことによって実現される。

【0032】なお、請求項1の構成において、上記補正量演算手段により求められた波長シフト補正量を格納するための補正量記憶手段をさらに備えるようにすると、補正量演算手段により一旦求められた波長シフト補正量

を補正量記憶手段に格納しておくことにより、測定ごとに波長シフト補正量を求めることなく波長シフト補正が行えることとなる。

【0033】また、上記補正量演算手段により求められた波長シフト補正量を格納するための補正量記憶手段をさらに備え、上記分光特性演算手段は、上記補正量記憶手段に上記波長シフト補正量が格納されているときは、上記各光電変換素子の分光感度を上記波長シフト補正量だけシフトした分光感度を用いて上記測定試料の分光特性を算出するものであるとしてもよい（請求項9）。

【0034】この構成によれば、補正量記憶手段に格納されている波長シフト補正量だけ各光電変換素子の分光感度を波長方向にシフトした分光感度を用いて測定試料の分光特性が算出されることから、受光手段の分光手段に対する相対位置が変化して各光電変換素子の分光感度が波長方向にシフトした場合でも、測定試料の分光特性が精度良く求められることとなる。

【0035】また、上記補正量演算手段により求められた波長シフト補正量を格納するための補正量記憶手段をさらに備え、上記分光特性演算手段は、上記補正量記憶手段に格納されている上記波長シフト補正量が所定値以上のときのみ、上記各光電変換素子の分光感度を上記波長シフト補正量に基づき設定された量だけシフトした分光感度を用いて上記測定試料の分光特性を算出するものであるとしてもよい（請求項10）。

【0036】この構成によれば、補正量記憶手段に格納されている波長シフト補正量が所定値以上のときのみ、各光電変換素子の分光感度を波長シフト補正量に基づき設定された量だけ波長方向にシフトした分光感度を用いて測定試料の分光特性が算出されることにより、波長シフト補正量が所定値未満のときは、分光感度記憶手段に格納されている各光電変換素子の分光感度をそのまま用いて測定試料の分光特性が算出されることから、測定値としての連続性が保持されることとなる。また、波長シフト補正量が所定値以上のときは波長シフト補正量に基づき設定された量、例えば上記所定値または当該所定値を超えない程度だけ波長方向にシフトした分光感度が用いられることから、測定値の連続性が損なわれるのを防止することが可能になる。

【0037】なお、請求項10の構成において、外部からの操作により上記所定値を設定する設定手段をさらに備えるようにすると、測定値の連続性保持と波長シフト補正との優先度合いを任意に設定することが可能になる。

【0038】また、請求項1の構成において、上記補正量演算手段により求められた上記波長シフト補正量が所定値以上のときはその旨を報知する報知手段をさらに備えるようにすると、波長シフト補正量が所定値以上であることが使用者に報知されることとなり、装置のメーカーにメンテナンスを依頼するなどの対応策をとることが可

能になる。この所定値は、補正するよりもメンテナンスを行うべきであるような、ある程度大きい値に設定しておけばよい。

【0039】請求項11の発明は、測定試料を照明する照明手段と、この照明手段を発光させる照明制御手段と、照明された上記測定試料からの光を波長ごとに分光する分光手段と、上記分光手段の波長分散方向に所定間隔で配列され、それぞれ異なる波長の光を受光して光強度に応じた受光信号を出力する複数の光電変換素子を有し、当該複数の受光信号からなる分光プロファイルを出力する受光手段と、上記各光電変換素子の分光感度が格納された分光感度記憶手段と、上記分光プロファイルと上記各光電変換素子の分光感度とを用いて所定の測定波長域における上記測定試料の分光特性を算出する分光特性演算手段とを備えた分光特性測定装置において、初期状態で特定波長に強度のピークを持つ所定光源からの光を受光したときに上記受光手段から出力される少なくとも上記特定波長を含む特定波長域の分光プロファイルと、上記受光手段の上記分光手段に対する相対位置が波長分散方向に所定ピッチで複数段階シフトした場合に、各シフト位置において当該受光手段から出力されるべき上記特定波長域の複数の分光プロファイルとからなる基準分光プロファイル群を記憶しておき、上記初期状態以後に上記所定光源を校正可能な状態で発光したときに上記受光手段から出力される補正用分光プロファイルと、上記基準分光プロファイル群に含まれる各分光プロファイルとを上記特定波長域においてそれぞれ比較し、上記補正用分光プロファイルに最も近似する上記基準分光プロファイル群内の分光プロファイルに対応するシフト量を上記初期状態からのシフト量である波長シフト補正量として求めるようにしたものである。

【0040】この構成によれば、照明手段により測定試料が照明され、照明された測定試料からの光が分光手段により波長ごとに分光され、分光手段の波長分散方向に所定間隔で配列された複数の光電変換素子を有する受光手段により上記分光手段で分光された光が受光され、上記各光電変換素子からそれぞれ波長ごとに光強度に応じた受光信号からなる分光プロファイルが出力されて、この分光プロファイルと各光電変換素子の分光感度とを用いて所定の測定波長域における測定試料の分光特性が算出される。

【0041】そして、特定波長に強度のピークを持つ所定光源からの光を受光したときに上記受光手段から出力される少なくとも上記特定波長を含む特定波長域の分光プロファイルと、上記受光手段の上記分光手段に対する相対位置が波長分散方向に所定ピッチで複数段階シフトした場合に、各シフト位置において当該受光手段から出力されるべき上記特定波長域の複数の分光プロファイルとからなる基準分光プロファイル群が、初期状態、例えば装置の製造工程において求められて記憶されている。



【0042】そして、例えばユーザ側において、初期状態以後に所定光源を校正可能な状態で発光したときに受光手段から出力される補正用分光プロファイルと、上記基準分光プロファイル群に含まれる各分光プロファイルとが特定波長域においてそれぞれ比較され、上記補正用分光プロファイルに最も近似する上記基準分光プロファイル群内の分光プロファイルに対応する上記受光手段のシフト量が初期状態からのシフト量である波長シフト補正量として求められる。

【0043】これによって、受光手段の分光手段に対する相対位置が波長分散方向に変化して各光電変換素子の分光感度が波長方向にシフトした場合でも、従来のように基準色サンプルを用いることなく、波長シフト補正量が求められることとなる。その結果、使用者に注意を喚起したり、必要な補正を行うことがユーザ側において容易に可能になる。

【0044】この場合において、上記各シフト位置において上記受光手段から出力されるべき上記特定波長域の複数の分光プロファイルは、上記所定光源の分光強度分布を測定し、上記各光電変換素子の分光感度を測定し、当該分光感度を波長方向に所定ピッチで複数段階シフトすることで複数の分光感度を数値的に合成し、当該合成された複数の分光感度と測定によって得られた上記所定光源の分光強度分布とを用いて求めるようにしてもよい。(請求項12)。

【0045】この構成によれば、上記各シフト位置において上記受光手段から出力されるべき上記特定波長域の複数の分光プロファイルは、測定によって得られる上記各光電変換素子の分光感度を波長方向に所定ピッチで複数段階シフトすることで複数の分光感度を数値的に合成し、当該合成された複数の分光感度と測定によって得られた上記所定光源の分光強度分布とを用いて求められることにより、実際に複数の光電変換素子を分光手段に対して波長分散方向に機械的にシフトさせることなく、容易に基準分光プロファイル群が得られることとなる。

【0046】請求項13の発明は、連続スペクトルおよび特定波長の輝線スペクトルからなる分光強度分布を有し、測定試料を照明する照明手段と、この照明手段を発光させる照明制御手段と、照明された上記測定試料からの光を波長ごとに分光する分光手段と、上記分光手段の波長分散方向に所定間隔で配列され、それぞれ異なる波長の光を受光して光強度に応じた受光信号を出力する複数の光電変換素子を有し、当該複数の受光信号からなる分光プロファイルを出力する受光手段と、上記分光プロファイルを用いて所定の測定波長域における上記測定試料の分光特性を算出する分光特性演算手段とを備えた分光特性測定装置の分光感度の波長シフト補正方法であって、複数の上記分光特性測定装置の上記各照明手段の分光強度分布をそれぞれ測定し、それらの測定結果に基づき少なくとも1つの分光強度分布を選択し、初期状態の

補正対象の分光特性測定装置について、上記各光電変換素子の分光感度を測定し、当該分光感度を波長方向に所定ピッチで複数段階シフトすることで複数の分光感度を数値的に合成し、当該合成された複数の分光感度および上記測定された分光感度と選択された上記分光強度分布とを用いて上記受光手段から出力されるべき上記特定波長域の複数の分光プロファイルからなる分光プロファイル群を求め、上記照明手段を校正可能な状態で発光したときに上記受光手段から出力される補正用分光プロファイルと、上記分光プロファイル群に含まれる各分光プロファイルとを上記特定波長域においてそれぞれ比較し、上記補正用分光プロファイルに最も近似する分光プロファイルを与える分光強度分布について求められた上記特定波長域の分光プロファイル群を、当該補正対象の分光特性測定装置の基準分光プロファイル群として予め記憶しておき、上記初期状態以後に補正対象の分光特性測定装置において波長シフト補正を行う際に、上記照明手段を校正可能な状態で発光したときに上記受光手段から出力される補正用分光プロファイルと、上記記憶されている基準分光プロファイル群に含まれる各分光プロファイルとを上記特定波長域においてそれぞれ比較し、上記補正用分光プロファイルに最も近似する上記基準分光プロファイル群内の分光プロファイルに対応するシフト量を上記初期状態からのシフト量である波長シフト補正量として求めるようにしたものである。

【0047】この構成によれば、まず、複数の分光特性測定装置の各照明手段の分光強度分布がそれぞれ測定され、それらの測定結果に基づき少なくとも1つの分光強度分布が選択される。例えば典型的な、または平均的な分光強度分布が選択される。また、上記複数の分光特性測定装置の分光強度分布の全てを選択するようにしてもよい。

【0048】次いで、初期状態の補正対象の分光特性測定装置について、上記各光電変換素子の分光感度を測定し、当該分光感度を波長方向に所定ピッチで複数段階シフトすることで複数の分光感度を数値的に合成し、当該合成された複数の分光感度および測定された分光感度と選択された分光強度分布とを用いて受光手段から出力されるべき特定波長域の複数の分光プロファイルからなる分光プロファイル群が求められる。

【0049】次いで、校正可能な状態で上記照明手段を発光したときに上記受光手段から出力される補正用分光プロファイルと、上記分光プロファイル群に含まれる各分光プロファイルとが上記特定波長域においてそれぞれ比較され、上記補正用分光プロファイルに最も近似する分光プロファイルを与える分光強度分布について求められた上記特定波長域の分光プロファイル群が、当該補正対象の分光特性測定装置の基準分光プロファイル群として予め記憶される。

【0050】そして、初期状態以後に補正対象の分光特

性測定装置において波長シフト補正を行う際には、照明手段を校正可能な状態で発光したときに受光手段から出力される補正用分光プロファイルと、上記記憶されている基準分光プロファイル群に含まれる各分光プロファイルとが特定波長域においてそれぞれ比較され、上記補正用分光プロファイルに最も近似する上記基準分光プロファイル群内の分光プロファイルに対応するシフト量が初期状態からのシフト量である波長シフト補正量として求められる。

【0051】従って、補正対象の分光特性測定装置について個々に照明手段の分光強度分布を測定する必要がないので、基準分光プロファイル群を容易に求めることが可能になる。また、予め複数の分光特性測定装置の照明手段について分光強度分布を測定し、そのうちから補正対象の分光特性測定装置の補正用分光プロファイルに最も近似する分光プロファイルを与える分光強度分布による分光プロファイル群を基準分光プロファイル群としているので、補正対象の分光特性測定装置の照明手段の分光強度分布がそれぞればらついていても、そのばらつきによる波長シフト補正の精度低下が抑制される。

【0052】また、複数の上記分光特性測定装置の上記各照明手段の分光強度分布をそれぞれ測定したときの測定結果において、典型的な分光強度分布を与える1つの分光特性測定装置を選択し、選択された分光特性測定装置について、上記照明手段の発光時間を所定時間から所定ピッチで複数段階変化させたときの分光強度分布をそれぞれ測定し、初期状態の補正対象の分光特性測定装置について、上記各光電変換素子の分光感度を測定し、当該分光感度を波長方向に所定ピッチで複数段階シフトすることで複数の分光感度を数値的に合成し、当該合成された複数の分光感度および上記測定された分光感度と各発光時間での上記分光強度分布とを用いて上記受光手段から出力されるべき上記特定波長域の複数の分光プロファイルからなる分光プロファイル群を求め、上記照明手段を校正可能な状態で発光したときに上記受光手段から出力される補正用分光プロファイルと、上記分光プロファイル群に含まれる各分光プロファイルとを上記特定波長域においてそれぞれ比較し、上記補正用分光プロファイルに最も近似する分光プロファイルを与える発光時間について求められた上記特定波長域の分光プロファイル群を、当該補正対象の分光特性測定装置の基準分光プロファイル群として予め記憶しておくようにしてもよい（請求項14）。

【0053】この構成によれば、複数の分光特性測定装置の各照明手段の分光強度分布をそれぞれ測定したときの測定結果において、典型的な分光強度分布を与える1つの分光特性測定装置が選択される。

【0054】そして、選択された分光特性測定装置について、照明手段の発光時間を所定時間から所定ピッチで複数段階変化させたときの分光強度分布がそれぞれ測定

される。

【0055】また、初期状態の補正対象の分光特性測定装置について、上記各光電変換素子の分光感度を測定し、当該分光感度を波長方向に所定ピッチで複数段階シフトすることで複数の分光感度を数値的に合成し、当該合成された複数の分光感度と各発光時間での上記分光強度分布とを用いて求めた上記受光手段から出力されるべき上記特定波長域の複数の分光プロファイルからなる分光プロファイル群が求められる。

10 【0056】さらに、照明手段を校正可能な状態で発光したときに受光手段から出力される補正用分光プロファイルと、上記分光プロファイル群に含まれる各分光プロファイルとを上記特定波長域においてそれぞれ比較し、上記補正用分光プロファイルに最も近似する分光プロファイルを与える発光時間について求められた特定波長域の分光プロファイル群が、当該補正対象の分光特性測定装置の基準分光プロファイル群として予め記憶される。

20 【0057】これによって、照明手段の発光時間が変化すると連続スペクトルに対する輝線スペクトルの相対強度が変化することから、補正対象である個々の分光特性測定装置の照明手段が持つ上記相対強度がそれぞれ異なる場合でも、それぞれに最も近い上記相対強度の分光プロファイル群を基準分光プロファイル群として用いることが可能になり、その結果、波長シフト補正量を精度良く求めることが可能になる。

30 【0058】また、求めた上記波長シフト補正量を記憶しておき、その波長シフト補正量だけ上記各光電変換素子の分光感度をシフトした分光感度を用いて上記測定試料の分光特性を算出すると（請求項15）、受光手段の分光手段に対する相対位置が波長分散方向に変化して各光電変換素子の分光感度が波長方向にシフトした場合でも、測定試料の分光特性が精度良く求められることとなる。

【0059】

【発明の実施の形態】（分光測色計の構成）図1は本発明に係る分光特性測定装置の一実施形態である分光測色計を模式的に示す構成図、図2は同分光測色計の発光回路の電気的構成を示す図である。

40 【0060】この分光測色計1は、積分球10、発光回路20、試料光測定部30、参照光測定部40、操作パネル部50、制御部60を備えており、試料2として配置された測定試料の分光反射特性を測定するものである。

【0061】積分球10は、その内壁11に高拡散性、高反射率の例えば酸化マグネシウムや硫酸バリウム等の白色拡散反射塗料が塗布された中空の球で、内部に光源としてキセノンフラッシュランプ（以下単に「ランプ」ともいう。）12を備え、ランプ12からの光線を内壁11で多重反射して拡散光を生成するものである。

50 【0062】図1は積分球10の側面断面図を示してお

り、積分球 10 は、下端に穿設された試料用開口 13 と、この試料用開口 13 の開口面の法線 13n に対して 8° 傾斜した方向に穿設された受光用開口 14 とを有する。なお、図 1 に示すように、ランプ 12 の下方には遮光壁 15 が配置されており、ランプ 12 からの光線が直接試料用開口 13 を照射しないように構成されている。

【0063】発光回路 20 はランプ 12 を発光させるもので、図 2 に示すように、数百 V の直流高電圧をランプ 12 の電極に印加するためのメインコンデンサ 21、このメインコンデンサを充電するための充電回路 22、ランプ 12 に密着して巻かれた金属ワイヤからなるトリガ電極 12a に数万 V の交流高電圧を印加するためのトリガ発生回路 23、ダイオード 24、例えば IGBT からなる半導体スイッチ素子 25、この半導体スイッチ素子 25 に駆動電圧を印加するための駆動回路 26 を備えている。

【0064】そして、半導体スイッチ素子 25 をオンにしておき、メインコンデンサ 21 によりランプ 12 の両端電極に直流高電圧を印加した状態で、トリガ発生回路 23 のトリガコンデンサによりトリガトランスを介してトリガ電極 12a に交流高電圧を瞬間的に印加すると、ランプ 12 がトリガされ、メインコンデンサ 21 から直流電流が流れて発光することとなる。ランプ 12 の発光開始後に半導体スイッチ素子 25 をオフにするタイミングを制御することで、ランプ 12 の発光時間を制御することが可能になっている。

【0065】試料光測定部 30 は、受光光学系 31、光ファイバ 32、試料光分光部 33 を備えている。受光光学系 31 は、積分球 10 の受光用開口 14 の近傍に配設され、試料用開口 13 に配設され、拡散照明された試料 2 からの反射光（以下「試料光」という。）のうちで法線 13n に対する 8° 方向の成分 14a を集束して光ファイバ 32 の入射端に結像させるもので、試料 2 の反射光像は、光ファイバ 32 により試料光分光部 33 に導かれる。

【0066】試料光分光部 33 は、赤外光遮断フィルタ 34、回折格子 35、試料光センサアレイ 36 を備えている。赤外光遮断フィルタ 34 は、光ファイバ 32 の射出端に近接して配設され、例えば 800nm 以上の波長域の光を遮断する。回折格子 35 は、赤外光遮断フィルタ 34 を介して入射する試料光を波長ごとに分光して反射するものである。なお、本実施形態では反射型凹面回折格子を用いているが、透過型回折格子を用いてもよい。

【0067】試料光センサアレイ 36 は、回折格子 35 により分光される波長方向に配列された複数の光電変換素子からなり、それぞれ異なる波長の光を受光して光強度に応じた電気信号を出力するものである。試料光センサアレイ 36 の詳細な構成については後述する。

【0068】積分球 10 および試料光測定部 30 により、d/8 ジオメトリの分光測色計 1 が構成されてい

る。

【0069】参照光測定部 40 は、光ファイバ 41、参照光分光部 42 を備えている。光ファイバ 41 の入射端は、積分球 10 の適所（例えばランプ 12 からの光線や試料光が直射しない位置）に配設され、積分球 10 内の拡散光が参照光として光ファイバ 41 により参照光分光部 42 に導かれる。

【0070】参照光分光部 42 は、試料光分光部 33 とほぼ同様の構成になっている。すなわち例えば 800nm 以上の波長域の光を遮断する赤外光遮断フィルタ 43、この赤外光遮断フィルタ 43 を介して入射する参照光を波長ごとに分光して反射する凹面回折格子 44、凹面回折格子 44 により分光される波長方向に配列された複数の光電変換素子からなる参照光センサアレイ 45 を備えている。なお、凹面回折格子 44 に代えて透過型回折格子を用いてもよい。

【0071】操作パネル部 50 は、計測器本体の表面に配設され、電源スイッチ 51、測定スイッチ 52、ダーク校正スイッチ 53、白色校正スイッチ 54、測定結果などを表示するための LCD などからなる表示部 55 を備えている。

【0072】制御部 60 は、メモリ 61、CPU 62、A/D 変換器、その他の電子回路などを備え、この分光測色計 1 全体の動作を制御するものである。

【0073】メモリ 61 は、予め求められた基準分光プロファイル（後述）や制御プログラムなどが格納された ROM または EEPROM と、データを一時的に保管するための RAM などの書換え可能なメモリとを備えている。CPU 62 は、メモリ 61 に格納された制御プログラムに従って動作するもので、以下に示す機能を有する。なお、詳細な手順は後述する。

【0074】・操作パネル部 50 の測定スイッチ 52、ダーク校正スイッチ 53、白色校正スイッチ 54 が押されると、発光回路 20 に制御信号を送出してランプ 12 の発光を制御する機能。なお、ランプ 12 の発光時間は、基準分光プロファイルを求めるときや波長シフト補正を行うときは所定時間  $\tau$ （本実施形態では例えば  $\tau = 40 \mu s$ ）とし、ダーク校正、白色校正、試料の測定を行うときは所定時間  $T$ （ $T > \tau$ 、本実施形態では例えば  $T = 200 \mu s$ ）とする。キセノンフラッシュランプ 12 の発光時間に対する相対発光強度を示す図 3 に示すように、所定時間  $\tau$  が終了するときには既に発光強度はピークを過ぎており、所定時間  $\tau$  でも十分な発光強度が得られることが分かる。

【0075】・センサアレイ 36、45 から出力される分光強度信号に基づき試料用開口 13 に配置された試料 2 の分光反射率を求める分光特性演算機能。

【0076】・試料光センサアレイ 36 の分光感度の波長方向の波長シフト補正量を求める補正量演算機能。

【0077】・求めた波長シフト補正量が所定値以上か

否かを判別し、所定値以上のときは、その旨を表示部 55 に表示して使用者に報知する報知制御機能。

【0078】・求めた測定結果などを表示部 55 に表示する表示制御機能。

【0079】このような構成の分光測色計 1 において、経時劣化や周囲温度変化などによって回折格子 35 や試料光センサアレイ 36 の光学的配置が変化し、回折格子 35 による試料光の分光像と試料光センサアレイ 36 との相対位置が変化すると、試料光センサアレイ 36 の分光感度が波長方向にシフトしてしまう。そこで、本実施形態の分光測色計 1 では、白色校正を行う際に当該シフト量を求め、これを用いて補正するようにしている。

【0080】ここで、本実施形態の分光測色計 1 の仕様について説明する。この分光測色計 1 は、測定波長域が 380nm~780nm、測定ピッチが 10nm ピッチで、試料 2 として配置された測定試料の分光反射特性を測定するもので、試料光センサアレイ 36 は、41 個の光電変換素子（以下「センサ」という。）を備えている。

【0081】本実施形態では、試料光センサアレイ 36 の各センサに付された番号としてセンサ番号  $i$  と、測定波長域内の波長に付された番号として波長番号  $j$  とを用いて、各センサおよび波長を特定する。

【0082】従って、試料光センサアレイ 36 は、センサ番号  $i=0$  からセンサ番号  $i=40$  まで 41 個のセンサを備えていることとなる。また、測定波長域は波長番号  $j=0$  から波長番号  $j=40$  まで 10nm ピッチで測定することとなり、波長番号  $j$  の波長を  $\lambda_j$  と表わすと、 $\lambda_j$  の値は 10nm ピッチとなり、例えば  $\lambda_0=380\text{nm}$ 、 $\lambda_{40}=780\text{nm}$  となる。

【0083】（分光感度の校正）次に、分光測色計 1 の製造時に工場において行われる試料光センサアレイ 36 の分光感度の校正について説明する。図 4 は試料光センサアレイ 36 の分光感度を示す図である。

【0084】一般に、試料光センサアレイ 36 を構成する各センサの製造ばらつきの問題で、各センサの分光感度の振幅が互いに一致しておらず、また、回折格子 35 や試料光センサアレイ 36 の配置精度の問題で、10nm ピッチの分散光が各センサ上に等間隔で正確に結像しない。

【0085】本実施形態でも、図 4 に示すように、センサ番号  $i$  の分光感度  $g_i(\lambda)$  の振幅および半値幅は互いにばらついており、それぞれの中心波長は必ずしも波長番号  $j$  に一致していない。

【0086】そこで、本実施形態では、分光測色計 1 の製造時に工場において、一般の分光測色計と同様の公知の手順で、各センサの分光感度の振幅（感度）および中心波長の校正を行っている。

【0087】（感度の校正）まず、公知の手順でセンサ番号  $i$  の分光感度  $g_i(\lambda)$  を測定する。例えば積分球 10 の試料用開口 13 に定出力モノクロメータを配置し、

試料用開口 13 から受光用開口 14 に向けて単色光を例えば 1nm ごとに射出し、各センサから出力される受光信号によって、図 4 に示すようなセンサ番号  $i$  の分光感度  $g_i(\lambda)$  が得られることとなる。

【0088】次いで、本実施形態では、測定値である分光感度  $g_i(\lambda)$  の中心波長  $\lambda_c$  および半値幅  $d\lambda$  に合致するガウス関数  $G_i(\lambda)$  をセンサ番号  $i$  の分光感度  $G_i(\lambda)$  とする。これによって後述する波長シフトの補正を容易に行えるようにしている。なお、上記公知の手順で求めたセンサ番号  $i$  の分光感度  $G_i(\lambda)$  も、メモリ 61 に格納しておく。

【0089】（中心波長の校正）図 5 はセンサ番号  $i$  の分光感度  $G_i(\lambda)$  を示す図である。分光測色計 1 において、分光特性  $P_j$  の入射光を測定したときに、センサ番号  $i$  の分光プロファイル  $O_i$  は、センサ番号  $i$  のセンサの分光感度を波長番号  $j$  ごとの分光感度で表わす行列を  $A_{j,i}$  とすると、

$$O_i = A_{j,i} \cdot P_j \quad \dots (1)$$

で表わされる。

【0090】逆に、この分光特性  $P_j$  は、

$$P_j = A_{j,i}^{-1} \cdot O_i \quad \dots (2)$$

で与えられることとなる。ここで、 $A_{j,i}^{-1}$  は行列  $A_{j,i}$  の逆行列である。

【0091】上述したように、一般にセンサ番号  $i$  のセンサの中心波長は波長番号  $j=i$  の波長  $\lambda_j$  とは一致しない。実際に観察される測定値は各センサからの出力信号であるが、変換行列  $A_{j,i}^{-1}$  で処理することにより、センサ番号  $i$  ごとのデータを波長番号  $j$  ごとのデータに変換し、これによって 10nm ごとのデータを得るようにしている。

【0092】例えば上記図 4 において分光感度  $g_2(\lambda)$  の中心波長が少し短波長側にずれている場合は、分光感度  $g_2(\lambda)$  から分光感度  $g_1(\lambda)$  を少し減算し、分光感度  $g_3(\lambda)$  を少し加算することによって長波長側にシフトすることができる。変換行列  $A_{j,i}^{-1}$  の各要素は、このような処理のための重み付けである。

【0093】この行列  $A_{j,i}$  は、図 5 に示すように、分光感度  $G_i(\lambda)$  を 10nm 幅で積分することによって求める。すなわち、

$$A_{j,i} = \int G_i(\lambda) d\lambda \quad \dots (3)$$

によって求められる。但し、 $\lambda$  は  $(\lambda_j - 5)\text{nm} \sim (\lambda_j + 5)\text{nm}$  である。なお、波長  $\lambda_j$  は 10nm ピッチであるので、図 4 において、 $\lambda_{j+1} - \lambda_j = \lambda_j - \lambda_{j-1} = 10\text{nm}$  である。また、 $(\lambda_j + 5) = (\lambda_{j+1} - 5)$ 、 $(\lambda_j - 5) = (\lambda_{j-1} + 5)$  になる。

【0094】そして、求めた行列  $A_{j,i}$  の逆行列  $A_{j,i}^{-1}$  をメモリ 61 に格納しておく。これによって、上記式 (2) により試料光センサアレイ 36 への入射光の分光特性を 10nm ピッチで求めることができる。

【0095】なお、感度および中心波長の校正手順は、

上記実施形態に限られず、特公平 8-27215 号公報に記載されている手順など、他の公知の手順を採用するようにしてもよい。

【0096】(基準分光プロファイル群)次に、図 6、図 7 を用いて、後述する「波長シフト補正」に用いられる基準分光プロファイル群を求める手順について説明する。図 6 はランプの分光強度分布を測定するときの構成例を示す図、図 7 は基準分光プロファイル群を求める手順を示すフローチャートである。この基準分光プロファイル群は、分光測色計 1 の製造時に工場において求められ、メモリ 61 に予め格納されている。

【0097】図 7 の #5 において、まず、対象とする分光測色計 1 の積分球 10 の試料用開口 13 に拡散透過板 3 を配置する(図 6 参照)。この状態で、ランプ 12 を所定時間  $\tau$  だけ発光させ(#10)、波長分解能が 1nm 程度の分光輝度計 4 により分光強度分布  $I(\lambda)$  を測定する(#15)。

【0098】次いで、上記感度の校正において求められ、メモリ 61 に格納されている試料光センサアレイ 36 の分光感度  $G_{i,m}(\lambda)$  を、 $\pm 1\text{nm}$  の範囲内で 0.1nm ずつ段階的に波長方向にシフトすることで仮想的な分光感度  $G_{i,m}(\lambda + 0.1 \cdot m)$  を求める(#20)。ここで、 $m$  は  $-10 \sim +10$  の整数である。

【0099】これらの分光感度  $G_{i,m}(\lambda + 0.1 \cdot m)$  で上記分光強度  $I(\lambda)$  を観察したときの分光プロファイル  $(X_{i,m})_0$  を下記式(4)によって求め、これらを基準分光プロファイル  $(X_{i,m})_0$  としてメモリ 61 に格納しておく(#25)。

$$(X_{i,m})_0 = \int G_{i,m}(\lambda + 0.1 \cdot m) \cdot I(\lambda) d\lambda \quad \dots (4)$$

但し、 $m$  は  $-10 \sim +10$  の整数である。

【0100】さらに、この基準分光プロファイル  $(X_{i,m})_0$  の差分  $d(X_{i,m})_0 / di$  を求めてメモリ 61 に格納しておく(#30)。

【0101】(ユーザ側で行われる動作)次に、分光測色計 1 のユーザ側で行われるダーク校正、白色校正、試料測定および波長シフト補正について説明する。

【0102】ダーク校正はダーク校正スイッチ 53 が押されたときに行われ、白色校正および波長シフト補正は白色校正スイッチ 54 が押されたときに行われるもので、定期的(例えば 1 日 1 回)に、あるいは測定ごとに行われる。ダーク校正および白色校正は一般的に行われている公知の制御である。

【0103】(ダーク校正)通常、測色計においては、光電変換素子の暗電流や試料からの測定したい光以外の迷光が存在するため、反射率 0% の試料の反射率を測定した場合でも、微小レベルのオフセットが出力されて 0% とならない。この迷光は、例えば試料を照明するための光源からの光が直接光電変換素子に到達してしまうものや、レンズなどの光学系による散乱光などからなる。

【0104】この暗電流や迷光等による余分な出力を除

去するために、本実施形態では、反射特性の測定を行う前にダーク校正を行い、その結果をダーク校正値としてメモリ 61 に格納しておく。そして、白色校正、波長シフト補正や試料測定など、センサアレイ 36、45 から出力される分光プロファイルを用いて演算処理を行う際に、当該分光プロファイルからオフセット分であるダーク校正値を差し引くようにしている。

【0105】本実施形態におけるダーク校正の手順を説明する。積分球 10 の試料用開口 13 に何も配置しない状態、または、内壁が黒色で塗装され、内壁によって反射された照明光が直接積分球 10 内に光が戻らないように形成された光トラップ(図示省略)を配置した状態で、ダーク校正スイッチ 53 が押されると、ランプ 12 が所定時間  $T$  (本実施形態では  $T = 200 \mu s$ ) だけ発光され、センサアレイ 36、45 から試料光および参照光に応じた分光プロファイルが出力される。

【0106】そして、上記式(2)により 10nm ピッチの試料光分光強度  $(S_d)_j$  および参照光分光強度  $(R_d)_j$  を求め、

$$d_j = (S_d)_j / (R_d)_j \quad \dots (5)$$

によってダーク校正値  $d_j$  を求め、メモリ 61 に格納する。但し、 $j$  は波長番号である。

【0107】このようにダーク校正を行うことにより、ランプ 12 の経時変化や外乱などによって迷光量に変化した場合でも、その悪影響を適正に除去することができ、これによって測定結果に誤差が生じるのを防止することができる。

【0108】(白色校正)白色校正は、図 1 において、試料 2 として校正用白色板を積分球 10 の試料用開口 13 に配置した状態で行われる。校正用白色板は、10nm ピッチで分光反射率  $W_j$  が既知の白色面、例えば「JIS Z 8722 色の測定方法-反射及び透過物体色 4.3.4 節」にあるような白色面を有する板である。

【0109】この校正用白色板が試料 2 として試料用開口 13 に配置された状態で、白色校正スイッチ 54 が押されると、ランプ 12 を所定時間  $T$  (本実施形態では  $T = 200 \mu s$ ) だけ発光され、センサアレイ 36、45 から試料光および参照光に応じた分光プロファイルが出力される。

【0110】次いで、上記式(2)により 10nm ピッチの試料光分光強度  $(S_w)_j$  および参照光分光強度  $(R_w)_j$  が求められる。

【0111】次いで、白色校正係数  $C_j$  が、

$$C_j = W_j / [(S_w)_j / (R_w)_j - d_j] \quad \dots (6)$$

に従って算出され、メモリ 61 に格納される。

【0112】このように白色校正を行うことにより、経時変化や環境変化などによってセンサアレイ 36、45 の感度が変化した場合でも、その悪影響を適正に除去することができ、これによって測定結果に誤差が生じるのを防止することができる。

【0113】(試料の測定) 試料 2 として配置された測定試料の分光反射率  $r_j$  は、センサアレイ 36, 45 から試料光および参照光に応じて出力される分光プロファイルから上記式(2)により求められた 10nm ピッチの試料光分光強度  $S_j$  および参照光分光強度  $R_j$  と、ダーク校正値  $d_j$  および白色校正係数  $C_j$  とから、

$$r_j = C_j \cdot (S_j / R_j - d_j) \quad \cdots (7)$$

によって求められる。

【0114】(波長シフト補正) 次に、図 8～図 11 を用いて波長シフト補正について説明する。図 8 はキセノンフラッシュランプの発光スペクトル分布を示す図で、分布①は発光時間が  $40 \mu s$  のとき、分布②は発光時間が  $200 \mu s$  のときである。

【0115】キセノンフラッシュランプの発光スペクトルは、輝線スペクトルと連続スペクトルとで構成されており、輝線スペクトルは、原子のエネルギー準位に由来するもので波長安定性が高い。

【0116】図 8 に示すように、発光時間が  $40 \mu s$  のときは  $200 \mu s$  のときに比べて連続スペクトルに対する輝線スペクトルの相対強度が大きい。一般に、分光特性の測定では発光時間を  $200 \mu s$  程度として行われるが、波長シフト補正を行うときには、本実施形態では、発光時間を  $40 \mu s$  程度に短くしている。

【0117】また、図 8 の分布①に示すように、700nm 以上の波長域において連続スペクトルに対して強度の大きい輝線スペクトルが複数個存在し、764nm 付近に、その近傍の波長域における輝線スペクトルに対して特に強度の大きい輝線スペクトルが存在しており、本実施形態では、この輝線スペクトルを用いて波長シフト補正を行っている。

【0118】なお、キセノンフラッシュランプ 12 は、図外の 800nm 以上に強い輝線スペクトルを持っているが、試料光分光部 33 および参照光分光部 42 の入射部にそれぞれ赤外光遮断フィルタ 34, 43 を配置して(図 1)、800nm 以上の波長成分を遮断しているので、これらの輝線スペクトルによる悪影響が及ぼされることはない。

【0119】図 9 は波長シフト補正の手順を示すフローチャート、図 10(a) は 764nm 近傍の波長域の分光プロファイル  $X_i$  の一例を示す図、(b) は(a)の差分波形を示す図である。

【0120】図 9 において、白色校正スイッチ 54 が押されて白色校正が行われ(#100)、続いて、校正用白色板を試料用開口 13 に配置したままで、ランプ 12 を所定時間  $\tau$  (本実施形態では  $\tau = 40 \mu s$ ) だけ発光する(#105)。そして、試料光センサアレイ 36 からの出力信号により、中心波長が 764nm 近傍の波長域に配置されるセンサ番号  $i$  (例えば  $i = 34 \sim 40$ ) の分光プロファイル  $X_i$  が求められ(#110)、その差分波形  $dX_i/di$  が求められる(#115)。

【0121】図 10(a) では波長域 720～800nm の分光プロファイル  $X_i$  を波形①として実線で示しており、同図(b)では差分値  $[X_i(730) - X_i(720)] \sim [X_i(800) - X_i(790)]$  の差分波形  $dX_i/di$  を波形②として実線で示している。

【0122】図 9 に戻り、続いて、この求めた差分波形  $dX_i/di$  と、上述したようにメモリ 61 に格納されている基準分光プロファイル群  $(X_{i,m})_0$  の差分波形  $d(X_{i,m})_0/di$  との相関  $C_m$  が、

$$C_m = [\sum (dX_i/di) \cdot [d(X_{i,m})_0/di]]^2 / [\sum (dX_i/di)^2 \cdot \sum [d(X_{i,m})_0/di]^2] \quad \cdots (8)$$

によって、中心波長が 764nm 近辺に配置されるセンサ番号  $i$ 、例えばセンサ番号  $i = 34 \sim 40$  について求められる(#120)。但し、 $m$  は  $-10 \sim +10$  の整数である。

【0123】そして、相関  $C_m$  が最大値をとる  $m = M$  を求め、 $(0.1 \cdot M)$  を波長シフト補正量とする(#125)。

【0124】次いで、求めた波長シフト補正量  $(0.1 \cdot M)$  を用いて、メモリ 61 に格納されているセンサ番号  $i$  の分光感度  $G_i(\lambda)$  を補正分光感度  $G_i(\lambda + 0.1 \cdot M)$  に補正し、これを用いて、

$$A_{j,i'} = \int G_i(\lambda + 0.1 \cdot M) d\lambda \quad \cdots (9)$$

によって行列  $A_{j,i'}$  を求める(#130)。但し、 $d\lambda$  は  $(\lambda_j - 5)nm \sim (\lambda_j + 5)nm$  である。

【0125】次いで、行列  $A_{j,i'}$  の逆行列  $(A_{j,i'})^{-1}$  を求めてメモリ 61 に格納する(#135)。

【0126】そして、以降の試料測定では、上記式(2)の  $A_{j,i'}$  に代えて  $(A_{j,i'})^{-1}$  を用いて測定試料の分光感度  $P_j$  を求めることとなる。

【0127】このように、本実施形態によれば、分光プロファイルの差分波形を用いて相関を求めるようにしているので、連続スペクトルによる影響が相殺されることとなり、これによって連続スペクトルに対する輝線スペクトルの相対強度が変化した場合でも、波長シフト補正に及ぼす影響を軽減することができる。

【0128】また、本実施形態によれば、輝線スペクトルとして比較的長波長域に属する 764nm の輝線スペクトルを用いて波長シフト補正を行っているため、短波長域で顕著な光学素子の透過率・反射率の経時変化(波長が短くなるほど低下する)による影響を阻止することができる。

【0129】また、積分球 10 を備えた分光測色計 1 において、特に反射特性を測定する場合には、試料光だけでなく参照光の発光スペクトルも試料 2 として配置された測定試料の反射特性の影響を受けることになるが、本実施形態によれば、試料 2 として校正用白色板を積分球 10 の試料用開口 13 に配置した状態で波長シフト補正(現在の分光プロファイルの測定)を行っているため、上述したような影響を防止することができる。



【0130】また、本実施形態によれば、試料2として既に校正用白色板が積分球10の試料用開口13に配置されている白色校正に引き続いて波長シフト補正を行っているので、感度（振幅）方向の校正と波長方向の補正とを一連の動作として行うことができ、波長シフト補正を行う際に試料用開口13に別の基準試料を配置するなどの新たな作業は不要である。また、波長シフト補正を開始させるために新たなスイッチを設けることなく白色校正スイッチ54で兼用することができる。従って、分光測色計1の構成が複雑化したり、操作性が低下することがない。

【0131】また、本実施形態によれば、予め試料光センサレイ36の分光感度が波長方向にシフトしたときの仮想的な分光感度 $G_{i,m}(\lambda+0.1\text{nm})$ を求め、これに基づき基準分光プロファイル $(X_{i,m})_0$ を求めてメモリ61に格納しておき、波長シフト補正時の分光プロファイル $X_i$ と上記基準分光プロファイルとの比較により波長シフト補正量を求めているので、従来のような基準色サンプルを測定する必要があることから、基準色サンプルの保管や温度管理が不要となり、その結果、波長シフト補正量をユーザ側において容易に求めることができる。従って、波長シフト補正のためにメーカに返送するなどの手間をなくすることができる。

【0132】また、本実施形態によれば、個々の分光測色計1ごとに、製造工程における分光感度を校正する際にキセノンフラッシュランプ12の発光による基準分光プロファイルをメモリ61に格納しておき、経時変化後の分光プロファイルとの相関を求めるようにしているので、基本的な波形の相関が高く、波長シフトに対する感度が高いという利点を有する。

【0133】なお、図10(a)では、試料光センサレイ36の分光感度が $-1\text{nm}$ シフトした場合の分光プロファイル $X_i$ を波形②として破線で示し、 $+1\text{nm}$ シフトした場合の分光プロファイル $X_i$ を波形③として点線で示しており、同図(b)では、(a)の波形②の差分波形 $dX_i/d\lambda$ を波形②として破線で示し、(a)の波形③の差分波形 $dX_i/d\lambda$ を波形③として点線で示している。

【0134】図11はシフト量に対する相関値の一例を示す図で、(a)はランプ12の発光時間が所定時間 $\tau=40\mu\text{s}$ のとき、(b)は発光時間が所定時間 $T=200\mu\text{s}$ のときを示している。

【0135】図11(a)(b)では、シフト量 $\Delta\lambda=0.1\text{nm}+0.2\text{nm}$ で最大の相関値が得られているが、(b)に比べて(a)の方がシフト量の変化に対して相関値の変化が大きくなっているため、発光時間を短くする方が、相関値が最大となる点を容易に求められることが分かる。

【0136】（参照光センサレイの分光感度の中心波長の校正）次に、図12のフローチャートを用いて、上記実施形態において行われる参照光センサレイ45の分光感度の中心波長の校正について説明する。

【0137】分光測色計において精度良く測定を行うためには、センサアレイを構成する各センサの分光感度、特に中心波長を正確に求めておく必要がある。試料光を受光するセンサアレイの場合には、十分な強度の単色光を入射したり基準色サンプルを測定することで、比較的容易に各センサの分光感度を求めることができるが、参照光を受光するセンサアレイの場合には、単色光の入射や基準色サンプルの測定が一般に困難であることから、各センサの分光感度の中心波長を正確に求めるのが困難になっている。従って、一般に、試料光を受光するセンサアレイの分光感度を正確に求めておき、参照光を受光するセンサアレイの分光感度は、試料光を受光するセンサアレイの分光感度と同一であるとされている。

【0138】ところが、実際には両者の分光感度の中心波長は一致していないので、試料を照明する光源として輝線スペクトルを有するランプを用いる場合には、測定精度が低下してしまう。例えば照明光源としてキセノンフラッシュランプを用いる場合には、上記図8に示すように、波長域 $450\text{nm}\sim 550\text{nm}$ に輝線スペクトルが特に多いので、その波長域 $450\text{nm}\sim 550\text{nm}$ での輝線強度の変化を十分補正できないため、測定精度が低下することとなる。

【0139】そこで、上記実施形態では、工場で分光測色計1を製造する際に、参照光を受光するセンサアレイの分光感度の中心波長の校正を行っている。

【0140】図12において、試料用開口13に校正用白色板が配置された状態で（#200）、ランプ12を所定時間 $\tau$ だけ発光させ（#205）、試料光・参照光センサアレイ36、45から出力される分光プロファイルをメモリ61に格納する（#210）。

【0141】次いで、一方（例えば試料光センサアレイ36）の分光プロファイルを $0.1\text{nm}$ ずつ波長方向にシフトし（#215）、それぞれ差分波形を求め（#220）、この差分波形により両者を比較して（#225）、相関値が最大となるときの波長シフト量を試料光センサアレイ36と参照光センサアレイ45の波長差として求め（#230）、この波長差 $\Delta\lambda$ だけ試料光センサアレイ36の各センサの分光感度を波長シフトして得られる分光感度 $G_i(\lambda+\Delta\lambda)$ を参照光センサアレイ45の分光感度としてメモリ61に格納する（#235）。

【0142】このように、参照光センサアレイ45の分光感度を校正することにより、測定をさらに精度良く行うことができる。また、ランプ12の発光を試料光センサアレイ36と参照光センサアレイ45とで同時に測定しているので、発光の分光強度の変化を受けにくい。

【0143】（基準分光プロファイルの異なる求め方(i)）次に、分光測色計1の製造時に工場において求められ、メモリ61に格納される基準分光プロファイルの異なる求め方について説明する。

【0144】まず、例えば図6に示すような状態で、複

数の分光測色計1について、キセノンフラッシュランプ12を所定時間 $\tau$ （例えば $\tau=40\mu s$ ）だけ発光させて発光スペクトル分布 $I(\lambda)$ を測定し、典型的な分布を与える1台を選択する。

【0145】その選択した1台の分光測色計1について、発光時間を $1\mu s$ ピッチで変化させて発光させ、各発光時間 $(\tau+n)$ での発光スペクトル分布 $I_{0,n}(\lambda)$ を求める。ここで、 $n$ は $-5\sim+5$ の整数である。

【0146】次いで、補正対象の分光測色計1について、測定された分光感度 $G_i(\lambda)$ に基づいて上記実施形態と同様にして仮想的な分光感度 $G_{i,m}(\lambda+0.1\cdot m)$ を求める。ここで、 $m$ は $-10\sim+10$ の整数である。

【0147】次いで、この分光感度 $G_{i,m}(\lambda+0.1\cdot m)$ で発光スペクトル分布 $I_{0,n}(\lambda)$ を観察したときの分光プロファイル群 $X_{i,m,n}$ を、  

$$X_{i,m,n} = \int G_{i,m}(\lambda+0.1\cdot m) \cdot I_{0,n}(\lambda) d\lambda \cdots (10)$$
 により求める。但し、 $m$ は $-10\sim+10$ の整数、 $n$ は $-5\sim+5$ の整数である。

【0148】次いで、補正対象の分光測色計1のランプ12を所定時間 $\tau$ （例えば $\tau=40\mu s$ ）だけ発光させ、その分光測色計1内の試料光センサアレイ36により測定した分光プロファイル $P_i$ と、上記分光プロファイル群 $X_{i,m,n}$ の各分光プロファイルとの相関をとり、最も高い相関を与える $n=N$ を求め、その分光プロファイル群 $X_{i,m,N}$ を基準分光プロファイル群 $(X_{i,m})_0$ としてメモリ61に格納する。

【0149】この手順は、キセノンフラッシュランプ12の発光スペクトル分布を764nmの輝線スペクトルと、これを除去した連続スペクトルとに分離して考えたとき、それぞれ個別の変化による影響は無視できるが、連続スペクトルに対する輝線スペクトルの相対強度の変化による影響は無視できないに基づいている。

【0150】典型的な発光スペクトル分布を与えるランプ12の発光時間を所定時間 $\tau$ を中心として変化させることで、連続スペクトルに対する輝線スペクトルの相対強度が異なる発光スペクトル分布（発光時間が短くなるほど輝線スペクトルの相対強度が大きくなる）を得ている。

【0151】そして、試料光センサアレイ36の波長シフト量の初期値とランプ12の発光時間の双方をパラメータとして、実測分光プロファイルに最も近い算出分光プロファイル求めており、この算出分光プロファイルを与える発光時間での発光スペクトル分布について、試料光センサアレイ36の分光感度を $0.1nm$ ずつシフトさせた基準分光プロファイル群を得ている。

【0152】この異なる求め方(i)によれば、補正対象とする分光測色計1のランプ12の発光スペクトル分布を個々に測定する必要がないので、容易に基準分光プロファイル群を求めることができる。

【0153】なお、「典型的な分布」とは、発光スペク

トル分布を測定した複数のキセノンフラッシュランプ12のうちで平均的な分布に最も近い分布を持つ分光特性測定装置のキセノンフラッシュランプの発光スペクトル分布としている。

【0154】（上記異なる求め方(i)の変形形態）基準分光プロファイルの異なる求め方(i)において、工場において上記分光プロファイル群 $X_{i,m,n}$ の全てを基準分光プロファイル群 $X_{i,m,n}$ としてメモリ61に格納しておき、ユーザ側において波長シフト補正を行う際には、求められたその時点での分光プロファイル $X_i$ と、基準分光プロファイル群 $X_{i,m,n}$ の全分光プロファイルとの相関をとり、最も高い相関を与える基準分光プロファイル $X_{i,m,n}$ のシフト量 $0.1\cdot m$ を波長シフト補正量としてもよい。

【0155】このようにすれば、連続スペクトルに対する輝線スペクトルの相対強度が経時変化した場合でも、その影響を受けずに波長シフト補正量を精度良く求めることができる。

【0156】（基準分光プロファイルの異なる求め方(ii)）次に、基準分光プロファイルのさらに異なる求め方について説明する。まず、例えば図6に示すような状態で、 $h$ 個（本変形形態では $h$ は2以上の整数）の分光測色計1について、キセノンフラッシュランプ12を所定時間 $\tau$ （例えば $\tau=40\mu s$ ）だけ発光させて発光スペクトル分布 $I_h(\lambda)$ を測定する。

【0157】次いで、補正対象の分光測色計1について、求められた分光感度 $G_i(\lambda)$ を基に上記実施形態と同様にして仮想的な分光感度 $G_{i,m}(\lambda+0.1\cdot m)$ をそれぞれ求める。ここで、 $m$ は $-10\sim+10$ の整数である。

【0158】次いで、この分光感度 $G_{i,m}(\lambda+0.1\cdot m)$ で発光スペクトル分布 $I_h(\lambda)$ を観察したときの分光プロファイル群 $X_{i,m,h}$ を、  

$$X_{i,m,h} = \int G_{i,m}(\lambda+0.1\cdot m) \cdot I_h(\lambda) d\lambda$$
 により求める。但し、 $m$ は $-10\sim+10$ の整数である。

【0159】次いで、補正対象の分光測色計1のランプ12を所定時間 $\tau$ （例えば $\tau=40\mu s$ ）だけ発光させ、その分光測色計1内の試料光センサアレイ36により測定した分光プロファイル $P_i$ と、上記分光プロファイル群 $X_{i,m,h}$ の各分光プロファイルとの相関をとり、最も高い相関を与える $h=H$ を求め、その分光プロファイル群 $X_{i,m,H}$ を基準分光プロファイル群 $(X_{i,m})_0$ としてメモリ61に格納する。

【0160】この異なる求め方(ii)によれば、補正対象とする分光測色計1のランプ12の発光スペクトル分布を個々に測定する必要がないので、容易に基準分光プロファイル群を求めることができる。

【0161】また、補正対象とする分光測色計1のランプ12の発光スペクトル分布がばらついたとしても、 $h$ 個の発光スペクトル分布から最も高い相関を与える発光スペクトル分布を選択しているため、波長シフト補正の

精度低下を抑制することができる。

【0162】異なる構成の分光部(i)を備えた変形形態)次に、図13～図16を参照して、試料光分光部および参照光分光部として異なる構成の分光部を備えた変形形態について説明する。図13はダブルチャネル分光部の機械的構成を示す斜視図、図14は赤外光遮断フィルタの取付構成を示す側面図である。

【0163】この変形形態は、図13に示すように、試料光分光部33および参照光分光部42(図1)に代えて、ダブルチャネル分光部70を備えている。このダブルチャネル分光部70は、例えば合成樹脂製のハウジング71を備え、このハウジング71に、赤外光遮断フィルタ72、コリメータレンズ73、反射型回折格子74、試料光センサアレイ75Sおよび参照光センサアレイ75Rが取り付けられている。

【0164】また、ハウジング71には、試料光入射スリット76Sおよび参照光入射スリット76Rが穿設されており、それぞれ光ファイバ32、41(図1)の射出端からの光が入射するように構成されている。なお、光ファイバ32、41(図1)は、それぞれ入射スリット76S、76Rの形状に合うように、断面が細長い矩形の束で構成されている。

【0165】ハウジング71は、コスト、重量、成形性などの点から合成樹脂が用いられているが、その結果、経時的な寸法変化が避けられず、精度維持のためには、それに伴う波長シフトの補正が欠かせない。

【0166】赤外光遮断フィルタ72は、例えば平行平面ガラスからなり、入射スリット76S、76Rの直ぐ内側に配設されており、図14に示すように、フィルタホルダ81に取り付けられ、ハウジング71の外部からの操作によって、入射スリット76S、76Rの長さ方向に平行な軸72aの周りに数度の範囲で回転させることができ、回転した位置で固定することが可能になっている。

【0167】すなわち、固定ねじ83、84を緩め、フィルタホルダ81に刻まれた指標82とハウジング71に刻まれた1°刻みの目盛85を目安にフィルタホルダ81を回転させ、所望の位置で再び固定ねじ83、84を締結して固定することができ、この回転によって入射スリット76S、76Rからの光線77S、77Rの赤外光遮断フィルタ72への入射角度を変化させることができる。

【0168】光ファイバ32、41(図1)によって導かれた試料光および参照光は、入射スリット76S、76Rを通り、光線77S、77Rとなる。この光線77S、77Rは、赤外光遮断フィルタ72を透過した後、コリメータレンズ73によって平行光線となって反射型回折格子74に入射して反射・分散され、再度コリメータレンズ73を通過して、センサアレイ75S、75Rの受光面に入射スリット76S、76Rの分散像が結像す

る。

【0169】センサアレイ75S、75Rは、上記実施形態と同様に、各々、分散光の波長でおよそ10nmに相当する間隔で配列された複数の光電変換素子(センサ)からなり、各センサから出力される受光強度に応じた電気信号は、制御部60(図1)によって処理される。

【0170】赤外光遮断フィルタ72に入射した光線77S、77Rは、図15に示すように、スネルの法則に従って、入射面で入射角に応じて屈折し、射出面で再び屈折して入射光線に平行な光線となって射出するので、射出光線は、入射光線から式(11)で表わされる距離dだけ平行に変位する。

$$d = L \cdot \sin(\alpha - \beta) / \cos \beta \quad \cdots (11)$$

ここで、Lは赤外光遮断フィルタ72の厚さ(本実施形態では例えばL=3mm)、 $\alpha$ は入射角(赤外光遮断フィルタ72の法線Nと入射光軸との間のなす角度、本実施形態では例えば $\alpha=3, 4, 5, 6, 7^\circ$ )、 $\beta$ は射出角で、

$$\beta = \sin^{-1}(\sin \alpha / n) \quad \cdots (12)$$

と表わされる。但し、nは赤外光遮断フィルタ72の屈折率(本実施形態では例えばn=1.5)である。

【0171】この赤外光遮断フィルタ72による変位は、試料光および参照光が入射する回折格子74から見ると、入射スリット76S、76Rの位置がスリットの幅方向(波長の分散方向)に平行に変位することと等価である。従って、変位量dを変化させることによって、センサアレイ75S、75Rの波長シフトを人為的に生じさせることができる。

【0172】この形態では、入射角 $\alpha \approx 5^\circ$ を基準位置とし、約 $\pm 1^\circ$ 、 $\pm 2^\circ$ だけ赤外光遮断フィルタ72を回転させると、それぞれ基準位置から約 $\pm 0.5\text{nm}$ 、 $\pm 1\text{nm}$ の波長シフトが生じるように構成されている。

【0173】ここで、この形態における基準プロファイルの求め方および波長シフト補正の手順について説明する。図16は基準試料の分光反射率および差分波形を示す特性図である。

【0174】積分球10の試料用開口13(図1)にオレンジ色の基準試料を配置する。この基準試料は、例えば図16の特性曲線①に示すような測定波長域(380~780nm)のほぼ中央の570nm付近で急峻に立ち上がる分光反射率を持つものである。この状態で、赤外光遮断フィルタ72の取付角度を、基準位置(入射角 $\alpha=5^\circ$ )を中心として所定角度ずつ(本形態では例えば入射角 $\alpha_{-10}=3^\circ$ 、 $\alpha_{-5}=4^\circ$ 、 $\alpha_0=5^\circ$ 、 $\alpha_5=6^\circ$ 、 $\alpha_{10}=7^\circ$ の5種類)変化させてランプ12を発光させ、そのときの試料光センサアレイ75Sおよび参照光センサアレイ75Rから出力される受光信号 $S_{i,k}$ 、 $R_{i,k}$ をメモリ61に格納する。ここで、iはセンサ番号である。また、kは赤外光遮断フィルタ72への光線77S、77Rの入射角 $\alpha_k$ を与えるもので、 $k=-10, -5, 0, 5, 10$ で

ある。

【0175】赤外光遮断フィルタ72の取付角度を変化させる際には、入射角 $\alpha_0=5^\circ$ での測定を最後に行い、その位置で赤外光遮断フィルタ72を固定する。

【0176】上述した実施形態と同様に、各センサの分光感度 $g_i(\lambda)$ を例えばモノクロメータなどを用いて測定し、これをガウス関数で近似した分光感度 $G_i(\lambda)$ を、

$$G_i(\lambda) = B_i \cdot \exp[c \cdot ((\lambda - \lambda_{ci}) / d\lambda_i)^2] \dots (13)$$

によって求める。但し、 $B_i$ は振幅、 $c$ は係数、 $\lambda_{ci}$ は中心波長、 $d\lambda_i$ は半値幅である。

【0177】次いで、この式(13)および上記式(3)により行列 $A_{j,i}$ を求め、さらにその逆行列 $A_{j,i}^{-1}$ を求め、次いで、ダーク校正を行って上記式(5)によりダーク校正値を求め、白色校正を行って上記式(6)により白色校正係数を求める。

【0178】次いで、メモリ61に格納されている上記受光信号 $S_{i,k}$ 、 $R_{i,k}$ を上記逆行列 $A_{j,i}^{-1}$ を用いて上記式(2)により処理して10nmピッチのデータに変換し、求めたダーク校正値および白色校正係数を用いて、上記式(7)により赤外光遮断フィルタ72の各角度位置でのオレンジ色の基準試料の分光反射率 $r_{k,0}(\lambda)$ を求める。但し、 $k=-10, -5, 0, 5, 10$ である。

【0179】ここで、 $k=-10$ での分光反射率 $r_{-10,0}(\lambda)$ と $k=0$ での分光反射率 $r_{0,0}(\lambda)$ との反射率差 $\Delta r_{-10,0}(\lambda)$ を、

$$\Delta r_{-10,0}(\lambda) = r_{-10,0}(\lambda) - r_{0,0}(\lambda) \dots (14)$$

により求めると、図16の特性曲線②に示すように、基準試料の立上り波長付近でピークを持つ波形が得られる。この例では、 $r_{-10,0}(\lambda)$ は、 $r_{0,0}(\lambda)$ より長波長側にシフトしている。

【0180】そこで、先に求めた上記式(13)の分光感度 $G_i(\lambda)$ の中心波長 $\lambda_{ci}(\lambda)$ を少しずつシフトさせて上記手順により分光反射率 $r_{-10,0}(\lambda)$ を求める動作を繰り返し、それぞれ反射率差 $\Delta r_{-10,0}(\lambda)$ を求めて上記ピーク値を互いに比較し、ピーク値が最も0に近くなるシフト量 $\Delta \lambda_{c-10}$ を求める。

【0181】 $k=-5, 5, 10$ についても同様の処理を行って、シフト量 $\Delta \lambda_{c-5}$ 、 $\Delta \lambda_{c5}$ 、 $\Delta \lambda_{c10}$ を求め、メモリ61に格納しておく。

【0182】また、既にメモリ61に格納されている参照光センサアレイ75Rから出力された受光信号 $R_{i,k}$ のうちで764nm近傍の波長域に対応するセンサ群(例えばセンサ番号 $i=34 \sim 40$ )のデータをピーク値で規格化して、上述のシフト量 $\Delta \lambda_{ck}$ に対応する基準分光プロファイル $(X_{i,k})_0$ とする。但し、 $k=-10, -5, 0, 5, 10$ である。さらに、これら5点のデータからシフト量とセンサ番号 $i$ ごとの分光プロファイルを内挿して0.1nmごとのシフト量 $\Delta \lambda_{cm}=0.1$ nmに対応する基準分光プロファイル群 $(X_{i,m})_0$ を求め、メモリ61に格納してお

く。但し、 $m=-10 \sim +10$ である。また、差分波形 $d(X_{i,m})_0/di$ を求め、メモリ61に格納しておく。

【0183】ユーザ側で行われる波長シフト補正について説明すると、白色校正に続いてランプ12を発光させ、参照光センサアレイ75Rから出力される受光信号 $R_{i,k}$ により764nm近傍の波長域の分光プロファイル $X_i$ を求め、上記実施形態と同様に差分波形を比較することにより、最大の相関を与える基準分光プロファイル $(X_{i,m})_0$ を求める。そして、その基準分光プロファイル $(X_{i,m})_0$ の $M$ に対応するシフト量 $\Delta \lambda_{cm}$ を波長シフト補正量とし、その補正量だけ上記式(13)における分光感度 $G_i(\lambda)$ の中心波長 $\lambda_{ci}$ をシフトした分光感度 $G_i(\lambda)$ を用いて上記式(3)により行列 $A_{j,i}$ を求め、さらにその逆行列 $A_{j,i}^{-1}$ を求めてメモリ61に格納しておく。そして、以降の試料測定では、逆行列 $A_{j,i}^{-1}$ を用いて式(2)による演算を行うことで、波長シフトが補正されることとなる。

【0184】この変形形態によれば、上記実施形態と同様に参照光センサアレイの波長シフト補正量を求めることができる。

【0185】また、図13に示すように、ハウジング71に取り付けられている試料光センサアレイ75Sおよび参照光センサアレイ75Rの回折格子74に対する波長方向における相対位置がほぼ等しいので、試料光センサアレイ75Sの波長シフト量と参照光センサアレイ75Rの波長シフト量は等しいものとして、求めた波長シフト補正量を試料光センサアレイ75Sおよび参照光センサアレイ75Rの双方に適用する。

【0186】なお、上記説明では、参照光センサアレイ75Rの受光信号を用いて基準分光プロファイルおよび波長シフト補正量を求めているが、試料光センサアレイ75Sの受光信号を用いてもよい。

【0187】(異なる構成の分光部(i i)を備えた変形形態) 図13に示すダブルチャネル分光部では、赤外光遮断フィルタ72を回転させることによって人為的に波長シフトを生じさせたが、波長シフトを生じさせる方法は、これに限るものではない。例えば、光束の一部を遮蔽する遮蔽手段によっても人為的に波長シフトを生じさせることができる。

【0188】図18は、遮蔽物によって波長シフトを生じさせる原理を説明するための図である。図18(a)は、光束を遮蔽物で遮蔽する前における光束のスポットの重心位置を示す図であり、図18(b)は、光束を遮蔽物で遮蔽した後における光束のスポットの重心位置を示す図であり、図18(c)は、図18(b)におけるスポットの部分の拡大図である。図18における○は、光束を遮蔽物で遮蔽する前における光束のスポットの重心位置を示し、●は、光束を遮蔽物で一部遮蔽する後における光束のスポットの重心位置を示す。

【0189】図18(a)において、光束は、開口絞り

91に入射され、凸レンズ92を介してセンサアレイ93で受光される。センサアレイ93上には光束が凸レンズ92の集光によりスポットを生じる。このスポットは、凸レンズ92の収差によって、輝度の高い部分とこの部分の周りのハロの部分とが生じる。光束を遮断する前では凸レンズ92に均等に光束が入射するので、スポットの重心位置は、スポットの略中心になる。

【0190】ここで、例えば板状の、遮蔽物94を開口絞り91の一方端から光束を遮断するように挿入すると、図18(b)(c)に示すように凸レンズ92に入射する光束の一部が無くなるので、凸レンズの収差によってセンサアレイ93のスポットの重心位置が移動することになる。例えば、遮蔽前の光束のスポットにおける重心位置○97-1が、遮蔽後の光束のスポットにおける重心位置●96-1に、遮蔽前の光束のスポットにおける重心位置○97-2が、遮蔽後の光束のスポットにおける重心位置●96-2に移動する。遮蔽物94の挿入前後におけるスポットの重心位置の移動量である、シフト量Zsは、遮蔽量に応じて決定される。そして、遮蔽物94の挿入方向は、像を分散方向に移動させるために、分散方向に設定される。ここで、収差は、遮蔽によってスポットの重心位置におけるシフトを生じさせ得るので球面収差、コマ収差および非点収差などが利用可能であるが、遮蔽量の増加に対して単調にシフト量Zsが増加する観点から球面収差が主であることが好ましい。

【0191】次に、このような収差を利用した人為的な波長シフトを生じさせるための具体的な一構成例として、図19に示す試料光分光部について説明する。この試料光分光部は、例えば図1に示す試料光分光部33の代わりに用いられる。図19は、遮蔽によって波長シフトを生じさせる試料光分光部の構成を示す図である。

【0192】図19において、本変形形態における試料光分光部は、凸レンズ102、スリット103、凸レンズ104、開口絞り105、回折格子106および試料光センサアレイ107を備えて構成される。

【0193】試料光測定部30の光ファイバ32から射出された光束は、凸レンズ102によってスリット103のスリットに合焦され、凸レンズ104を介して回折格子106に入射される。

【0194】回折格子106は、回折格子が形成されている面上に開口絞り105が配置されており、凸レンズ104を介して入射する光束を波長ごとに分光して試料光センサアレイ107の方向に反射する。反射した光束は、再び凸レンズ104に入射され、試料光センサアレイ107に入射される。

【0195】試料光センサアレイ107は、試料光センサアレイ36と同様に構成され、回折格子106により分光される波長方向に配列された複数の光電変換素子からなり、それぞれ異なる波長の光を受光して光強度に応じた電気信号を出力する。この電気信号は、制御部60

に入力され、制御部60で処理される。

【0196】光束を遮蔽する遮蔽物101は、試料光分光部の外部の凸レンズ102の開口に近い位置に配置される。このように遮蔽物101は、試料光分光部とは別体の補助装置として用意することが好ましく、別体の補助装置として用意することによって、調整工程ですべての分光測色計に対して共通に使用することが可能となり、分光測色計のコストアップを抑えることが可能である。もちろん、遮蔽物101を試料光分光部に組み込んでもよい。

【0197】このような構成において、遮蔽物101を光束を遮蔽するように挿入することで、凸レンズ104の収差によって回折格子106のある開口絞り105で人為的に波長シフトを生じさせ得る。収差の大きさは、想定する遮蔽量と人為的に生じさせたい波長シフトの最大量によって決定される。

【0198】なお、試料光分光部を遮蔽によって波長シフトを生じさせるように構成したが、参照光分光部を同様に構成することによって遮蔽により波長シフトを生じさせてもよい。

【0199】次に、この変形形態における基準分光プロファイルの求め方および波長シフト補正の手順について説明する。

【0200】図20は、基準分光プロファイルと波長シフト量との対応関係を求める場合のフローチャートを示す図である。

【0201】本変形形態において、基準分光プロファイルと波長シフト量との対応関係は、遮蔽量と基準分光プロファイルとの対応関係を求め、遮蔽量と波長シフト量との対応関係を求め、これらから求めるものである。

【0202】図20において、まず遮蔽物101によって光束が所定の遮蔽量だけ遮蔽され(#300)、キセノンフラッシュランプの530nmと542nmの分光プロファイルが測定される(#305)。ここで、530nmと542nmの輝線は、発光時間をそれほど短くしなくとも連続光に対して光量が大いという長所があるが、前述のように光学素子の劣化が影響する波長域にある。

【0203】次に、輝線の存在する波長域に急峻な分光特性を持つシャープカットフィルタの透過率またはフィルタの反射率を測定し、測定値から波長シフト量を計算する。より具体的に説明すると、まず、シャープカットフィルタを凸レンズ102の開口部近傍に配置し、遮蔽前のシャープカットフィルタの透過率と、遮蔽後のシャープカットフィルタの透過率とを測定する。本変形形態では、530nmと542nmとの2本の輝線を使用するので、この波長域に急峻な立上りを持つシャープカットフィルタを用いている。そして、前後の透過率に差がある場合には、初期状態の分光プロファイルから中心波長をシフトさせた行列 $A_{j,i}$ を用いて透過率差を最も零

に近いシフト量を探すことによって、波長シフト量を求める(#310)。

【0204】次に、#305で求めた基準分光プロファイルと#310で求めた波長シフト量とを対応付けて、メモリ61に保存する(#315)。

【0205】次に、測定すべきすべての波長シフト量に対して、基準分光プロファイルと波長シフト量との対応関係が求められたか判断し(#320)、すべて終了している場合には処理を終了し、終了していない場合には、遮蔽量を変更して(#325)、#300の処理に戻る。このように所定の遮蔽量を変更しながら(#325)、上述の#300から#320を基準分光プロファイルと波長シフト量との対応関係が完成するまで繰り返す。

【0206】ここで、波長シフト補正の精度を上げるためには、波長シフト量と基準分光プロファイルとの対応関係を細かいピッチ(例えば、0.1nmピッチ)で作成することが好ましく、短時間で波長シフト量と基準分光プロファイルとの対応関係を作成するには大まかなピッチ(例えば0.5nmピッチ)で測定し、その間は補間により求めることが好ましい。この補間を利用する方法は、メモリ容量を節約する観点からも好ましい。例えば、0nm、+0.5nm、+1.1nm、-0.5nm、-1.1nmの5通りの波長シフト量のテーブルを作る場合は、まず、予め何通りかの遮蔽量でシャープカットフィルタの透過率を1回測定して遮蔽量と波長シフト量との対応関係を求める。この5通りの波長シフト量を与える遮蔽量は、求めた遮蔽量と波長シフト量との対応関係を用いて補間によって求める。そして、これら5通りの波長シフト量に対応するそれぞれの遮蔽量に対して、基準分光プロファイルとシャープカットフィルタの透過率との対応関係を測定する。測定結果から基準分光プロファイルと波長シフト量との対応関係を求めて、この対応関係をメモリ61に保存する。なお、求められた波長シフト量が前述の5通りの波長シフト量に一致していない場合は近似する。

【0207】なお、デュアルチャネルポリクロメータの場合には、試料光分光部と参照光分光部との波長シフト量が略等しいと考え得るため、波長シフト量を試料光側および参照光側の一方で、基準分光プロファイルを他方で同時に測定することによって、作業時間を短縮することができる。

【0208】また、キセノンフラッシュランプの発光スペクトルは、完全に安定しているとは言い難いので、精度を高める観点から、複数回測定を行い、その平均を求めることが好ましい。

【0209】次に、ユーザ側が行う波長シフト補正について説明する。

【0210】図21は、波長シフト補正の方法を示すフローチャートである。

【0211】図21において、白色校正スイッチ54が押されて白色校正が行われ(#400)、続いて、校正用白色板を試料用開口13に配置したままで、ランプ12を所定時間 $\tau$ だけ発光させ、センサアレイ107からの出力信号により、530nm~550nm付近の波長域に配置されるセンサ番号 $i$ の分光プロファイル $X_i$ を求める(#405)。そして、求めた $X_i$ より差分波形 $dX_i/di$ を求める(#410)。

【0212】次に、メモリ61に格納されている補間前の基準分光プロファイルを波長シフト量に対して補間を行う(#415)。例えば、-1nmから+1nmまでの波長シフト範囲で0.05nmピッチで基準分光プロファイルのデータを作成すると、このデータは、41個作成される。

【0213】次に、作成された基準分光プロファイルのデータを差分データに変換する(#420)、そして、変換した差分データと上述の差分波形 $dX_i/di$ との相関値を順次に計算して最大の相関値を求める。この最大の相関値を与える基準分光プロファイルに対応する波長シフト量を求める(#425)。

【0214】次に、この波長シフト補正量から行列 $A^T_{j,i}$ を求める(#430)、行列 $A^T_{j,i}$ の逆行列 $(A^T_{j,i})^{-1}$ を求めてメモリ61に格納する(#435)。

【0215】そして、以後の試料測定では、上記式(2)の行列 $A_{j,i}^{-1}$ に代えて逆行列 $(A^T_{j,i})^{-1}$ を用いて測定試料の分光感度 $P_j$ を求めることとなる。

【0216】このような遮蔽手段による波長シフト方法は、試料光分光部または参照光分光部のレンズの開口部近傍の光束を遮蔽物で一部遮蔽するだけで済むので、赤外光遮断フィルタ72を回転させる機械的な機構を設ける必要がある、上述の赤外光遮断フィルタ72の回転による波長シフト方法に較べて、コスト的に有利である。

【0217】ここで、上述では、メモリ61に格納される波長シフト量と分光プロファイルとの対応テーブルには補間前のデータのみが登録されるが、このようなユーザ側で行われる波長シフト補正の実行時間を短縮する観点から、予め補完したデータもこの対応テーブルに登録するようにしてもよいし、基準分光プロファイルの差分データを保存するようにしてもよい。

【0218】なお、本発明は、上記実施形態に限られず、以下の変形形態を採用することができる。

【0219】(1)上記実施形態では求められた波長シフト補正量を用いて必ず分光感度を補正するようにしているが、これに限られない。例えば制御部60により波長シフト補正量が所定値(例えば0.2nm)に達したか否かを判別し、所定値に達するまでは波長シフトの補正を行わないようにしてもよい。これによって測定データの連続性を優先することができる。

【0220】また、この場合において、波長シフト補正



量が所定値以上のときは、分光感度のシフト量として、波長シフト補正量に代えて、波長シフト補正量に基づき設定された量、例えば上記所定値または当該所定値を超えない程度を用いるようにしてもよい。波長シフト補正量が所定値以上のときに、そのまま波長シフト補正量だけ補正すると測定値の連続性が損なわれることになるが、波長シフト補正量に基づき設定された量だけ補正するようにすると、測定値の連続性を保つことが可能になる。

【0221】また、波長シフト補正量が所定値に達すると表示部55にその旨を表示し、波長シフトの補正を行わずに使用者への報知のみを行うようにしてもよい。また、波長シフト補正量が所定値に達すると、表示部55にその旨を表示して使用者に再測定を促し、結果が同じであれば補正を行うようにしてもよい。

【0222】また、これらにおいて、操作パネル部50に上記所定値を設定する設定スイッチを備え、CPU62は設定スイッチで設定された値を上記所定値とする機能を備え、上記所定値を使用者が変更設定できるようにしてもよい。また、操作パネル部50に波長シフト補正を行うか否かの選択スイッチを備え、CPU62は選択スイッチの操作結果に応じて波長シフト補正を行うか否かを決定する機能を備え、使用者が補正を行うか否かを選択できるようにしてもよい。

【0223】(2) 上記実施形態では、全測定波長域に対して一律に波長シフト補正量を適用しているため、大きな波長シフトに対しては誤差が残ることがある。そこで、波長シフト補正量が所定値（例えば1.0nm）以上の場合には、表示部55に警告メッセージなどを表示して、使用者に対してメーカーの工場での再校正を促すようにしてもよい。

【0224】この形態によれば、必要になったときにのみ分光測色計1がメーカーに返送されることとなり、適正な間隔でメンテナンスを施すことができる。

【0225】(3) 上記実施形態では、波長シフト補正をキセノンフラッシュランプ12の764nmの輝線スペクトルを用いて行っているが、これに限られない。上記図8に示すように、発光時間が40 $\mu$ sの分光強度分布①では700nm以上に急峻なピークを持つ輝線スペクトルが存在しており、これらを用いてもよい。なお、同図に示すように、波長域450~550nmにも急峻なピークを持つ輝線スペクトルが存在しているが、上述したように光学素子の経時変化の影響を受けるので、これらを用いるのは好ましくない。

【0226】(4) 上記実施形態では、分光特性測定用の光源と波長シフト補正量測定用の光源を兼用しているが、これに限られず、分光特性測定用の光源とは別に波長シフト補正量測定用の光源を備えるようにしてもよい。この場合、波長シフト補正量測定用の光源は、キセノンフラッシュランプに限られない。

【0227】例えば水銀ランプ、クリプトンランプ、ヘリウムランプ等の輝線スペクトルを有する光源、レーザのように特定波長の光を出力する光源などを採用することができる。また、例えばタングステンランプにディディウムフィルタ、ホロミウムフィルタなどの特定波長を吸収するフィルタを付加することにより特定波長にピーク（谷）を持たせたものを採用することができる。

【0228】(5) 上記実施形態および変形形態において、764nmでの波長シフト量と測定波長域全体の平均波長シフト量との関係を予め求めておくようにしてもよい。

【0229】例えば図1において、回折格子35などからなる分光手段による分散光に対する試料光センサレイ36の相対位置の変化は、それがハウジング（例えば図13に示すハウジング71）の変形など、機械的变化によるものである限り、試料光センサレイ36の各センサに対して一律に生ずる。

【0230】このような一律の相対位置変化により各センサの中心波長に生ずる波長シフト量は、CODEVなどの公知の光学シミュレーションソフトウェアを用いて容易に求めることができる。

【0231】そこで、このようにして求められた各センサの波長シフト量に基づき、700nm以上の波長域の輝線スペクトル（例えば764nm）近傍に生ずる波長シフト量と、測定波長域全体に平均的に生ずる波長シフト量との関係を予め調べてメモリ61に格納しておく。

【0232】そして、波長シフト補正を行う際には、700nm以上（例えば764nm）の輝線スペクトルを用いて求められた波長シフト補正量と、メモリ61に格納されている上記関係とから、測定波長域の平均的な波長シフト補正量を求める。

【0233】この形態によれば、測定波長域全体に亘って、適正な波長シフト補正を行うことができる。但し、オレンジ色の基準試料を用いて測定域中心部の波長シフト量を実測する形態では必要ない。

【0234】(6) 上記実施形態では、分光測色計1は試料2の分光反射特性を測定するものとしているが、これに限られず、試料2の分光透過特性を測定するものとしてもよい。この場合には、試料2の透過光を試料分光部33に導くように構成すればよい。

【0235】(7) 上記実施形態では、波長シフト補正量を求めるのに、現在の分光プロファイルの差分波形と、基準分光プロファイル群の各分光プロファイルの差分波形との相関値を求め、最も相関値の高い分光プロファイルを抽出し、その波長シフト量を波長シフト補正量としているが、これに限られない。

【0236】図17は波長シフト補正量の異なる求め方を説明する図である。まず、上記実施形態と同様に、各差分波形の相関値を求める。図17では、求めた各相関値を○でプロットしている。次いで、波長シフト量 $\Delta\lambda$

と相関値との関係を波長シフト量 $\Delta\lambda$ を変数とする2次関数で近似することとし、

$$f(\Delta\lambda) = a(\Delta\lambda - b)^2 + c \quad \cdots (15)$$

を与える定数 $a$ ,  $b$ ,  $c$ を最小自乗法で決定し、この2次関数が極大となる定数 $b$ を波長シフト補正量として求める。

【0237】上記実施形態では極大を与える分光プロファイルとの相関値のみを用いているが、この形態によれば、基準分光プロファイル群の全ての分光プロファイルとの相関値を用いて、現在の分光プロファイルに対応する波長シフト補正量を求めているので、相関値データが含む誤差の影響を軽減することができる。また、図17に示すように、相関値の極大近傍において波長シフト量の変化に対する相関値の変化率が小さくなることによって生じる誤差を抑えることができる。

【0238】なお、ここでは2次関数で説明したが、近似する関数はこれに限られず、波長シフト量を変数とする適切な関数で近似して、その関数が極大となる波長シフト量を波長シフト補正量とすればよい。

【0239】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1, 11の発明によれば、初期状態で特定波長に強度のピークを持つ所定光源からの光を受光したときに受光手段から出力される少なくとも上記特定波長を含む特定波長域の分光プロファイルと、受光手段の分光手段に対する相対位置が波長分散方向に所定ピッチで複数段階シフトした場合に、各シフト位置において当該受光手段から出力されるべき上記特定波長域の複数の分光プロファイルとからなる基準分光プロファイル群を記憶しておき、初期状態以後に上記照明手段を校正可能な状態で発光したときに上記受光手段から出力される補正用分光プロファイルと、上記基準分光プロファイル群に含まれる各分光プロファイルとを上記特定波長域においてそれぞれ比較し、上記補正用分光プロファイルに最も近似する上記基準分光プロファイル群内の分光プロファイルに対応する上記受光手段のシフト量を初期状態からのシフト量である波長シフト補正量として求めるようにしているので、受光手段の分光手段に対する相対位置が変化して各光電変換素子の分光感度が波長方向にシフトした場合でも、従来のように基準色サンプルを用いることなく、波長シフト補正量を求めることができる。その結果、使用者に注意を喚起したり、必要な補正を行うことがユーザ側において容易にできることとなる。

【0240】請求項2の発明によれば、所定光源は、連続スペクトルおよび特定波長の輝線スペクトルからなる分光強度分布を有するもので、照明手段として兼用するようにしているので、所定光源を別途準備する必要がなく、構成を簡素化することができる。

【0241】請求項3の発明によれば、所定光源は、パルス状に発光するフラッシュランプからなるもので、照

明制御手段は、フラッシュランプを所定時間だけ発光させるもので、補正制御手段は、フラッシュランプを所定時間より短い時間だけ発光させるようにしているので、フラッシュランプの分光強度分布において、発光時間が短くなると連続スペクトルに対する輝線スペクトルの相対強度が増大することから、補正用分光プロファイルと基準分光プロファイル群の分光プロファイルを比較したときに連続スペクトルによる影響を軽減することができ、補正用分光プロファイルに最も近似する分光プロファイルを容易に求める上で波長シフトへの感度を高めることができる。

【0242】請求項4の発明によれば、上記所定光源は、キセノンフラッシュランプからなるもので、上記特定波長は、700nm以上の波長域における輝線スペクトルに対応する波長であり、上記受光手段の上記分光手段に対する相対位置が波長分散方向にシフトしたときの、700nm以上の波長域における（輝線スペクトルの波長方向の）シフト量と測定波長域全体における平均的な波長シフト量との関係を記憶しておき、この関係を用いて、補正用分光プロファイルに最も近似する分光プロファイルに対応するシフト量から上記測定波長域全体における平均的な波長シフト量を求め、これを波長シフト補正量とするようにしているので、測定波長域全体に亘って波長シフトの補正を適正に行うことができる。

【0243】請求項5の発明によれば、補正用分光プロファイルの波長に対する差分データと記憶されている各分光プロファイルの波長に対する差分データとの相関が最も大きい分光プロファイルに対応するシフト量を波長シフト補正量として求めるようにしているので、連続スペクトルによる影響が抑制されることから、相関値の波長シフトに対する感度が向上し、波長シフト補正量を高精度で得ることができる。

【0244】請求項6の発明によれば、補正用分光プロファイルの波長に対する差分データと記憶されている各分光プロファイルの波長に対する差分データとの相関値をそれぞれ求め、シフト量を変数として各相関値を所定の関数で近似し、当該近似関数の極大値を与えるシフト量を波長シフト補正量として求めるようにしているので、近似関数の極大値を与えるシフト量が波長シフト補正量として求められることから、基準分光プロファイル群の全ての分光プロファイルとの相関値を用いて、補正用分光プロファイルに対応する波長シフト補正量を求めることとなり、これによって相関値データが含む誤差の影響を軽減することができる。

【0245】請求項7, 12の発明によれば、記憶されている各シフト位置において受光手段から出力されるべき特定波長域の複数の分光プロファイルは、所定光源の分光強度分布を測定し、各光電変換素子の分光感度を測定し、当該分光感度を波長方向に所定ピッチで複数段階シフトすることで複数の分光感度を数値的に合成し、当

該合成された複数の分光感度と測定によって得られた所定光源の分光強度分布とを用いて求めるようにしているので、分光手段と複数の光電変換素子との相対位置を実際に機械的に波長方向にシフトさせることなく、基準分光プロファイル群を容易に得ることができる。

【0246】請求項8の発明によれば、補正用分光プロファイルは、初期状態以後における測定試料の分光特性測定に先立ち、分光手段が測定試料からの反射光を分光するものであるときは校正用白色板を測定試料に代えて配置した校正可能な状態で求め、分光手段が測定試料からの透過光を分光するものであるときは測定試料を配置せずに光が透過する校正可能な状態で求めるようにしているので、使用者が白色校正を行う際に、現在の分光プロファイルを測定して波長シフト補正量を求めることが可能になることから、使用者側において、新たな手間を要することなく容易に波長シフト補正量を求めることができる。

【0247】請求項9、15の発明によれば、求められた波長シフト補正量を記憶しておき、波長シフト補正量が記憶されているときは、各光電変換素子の分光感度を波長シフト補正量だけシフトした分光感度を用いて測定試料の分光特性を算出するようにしているので、受光手段の分光手段に対する相対位置が変化して各光電変換素子の分光感度が波長方向にシフトした場合でも、測定試料の分光特性を精度良く求めることができる。

【0248】請求項10の発明によれば、求められた波長シフト補正量を格納するための補正量記憶手段をさらに備え、補正量記憶手段に格納されている波長シフト補正量が所定値以上のときのみ、各光電変換素子の分光感度を波長シフト補正量に基づき設定された量だけシフトした分光感度を用いて測定試料の分光特性を算出するようにしているので、波長シフト補正量が所定値未満のときは、記憶されている各光電変換素子の分光感度をそのまま用いて測定試料の分光特性が算出されることから、測定値としての連続性を保持することができる。また、波長シフト補正量が所定値以上のときは波長シフト補正量に基づき設定された量だけ波長方向にシフトした分光感度が用いられることから、測定値の連続性が損なわれるのを防止することができる。

【0249】請求項13の発明によれば、複数の分光特性測定装置の各照明手段の分光強度分布をそれぞれ測定し、それらの測定結果に基づき少なくとも1つの分光強度分布を選択し、初期状態の補正対象の分光特性測定装置について、各光電変換素子の分光感度を測定し、当該分光感度を波長方向に所定ピッチで複数段階シフトすることで複数の分光感度を数値的に合成し、当該合成された複数の分光感度および測定された分光感度と選択された分光強度分布とを用いて受光手段から出力されるべき上記特定波長域の複数の分光プロファイルからなる分光

光したときに受光手段から出力される補正用分光プロファイルと、上記分光プロファイル群に含まれる各分光プロファイルとを上記特定波長域においてそれぞれ比較し、上記補正用分光プロファイルに最も近似する分光プロファイルを与える分光強度分布について求められた上記特定波長域の分光プロファイル群を、当該補正対象の分光特性測定装置の基準分光プロファイル群として予め記憶しておき、初期状態以後に補正対象の分光特性測定装置において波長シフト補正を行う際に、照明手段を校正可能な状態で発光したときに受光手段から出力される補正用分光プロファイルと、上記記憶されている基準分光プロファイル群に含まれる各分光プロファイルとを上記特定波長域においてそれぞれ比較し、上記補正用分光プロファイルに最も近似する上記基準分光プロファイル群内の分光プロファイルに対応するシフト量を初期状態からのシフト量である波長シフト補正量として求めるようにしているので、補正対象の分光特性測定装置について個々に照明手段の分光強度分布を測定する必要がないことから、基準分光プロファイル群を容易に求めることができる。また、予め複数の分光特性測定装置の照明手段について分光強度分布を測定し、そのうちから補正対象の分光特性測定装置の補正用分光プロファイルに最も近似する分光プロファイルを与える分光強度分布による分光プロファイル群を基準分光プロファイル群としてしているので、補正対象の分光特性測定装置の照明手段の分光強度分布がそれぞればらついていても、そのばらつきによる波長シフト補正の精度低下を抑制することができる。

【0250】請求項14の発明によれば、複数の分光特性測定装置の各照明手段の分光強度分布をそれぞれ測定したときの測定結果において、典型的な分光強度分布を与える1つの分光特性測定装置を選択し、選択された分光特性測定装置について、照明手段の発光時間を所定時間から所定ピッチで複数段階変化させたときの分光強度分布をそれぞれ測定し、初期状態の補正対象の分光特性測定装置について、各光電変換素子の分光感度を測定し、当該分光感度を波長方向に所定ピッチで複数段階シフトすることで複数の分光感度を数値的に合成し、当該合成された複数の分光感度および測定された分光感度と各発光時間での上記分光強度分布とを用いて受光手段から出力されるべき特定波長域の複数の分光プロファイルからなる分光プロファイル群を求め、照明手段を校正可能な状態で発光したときに受光手段から出力される補正用分光プロファイルと、上記分光プロファイル群に含まれる各分光プロファイルとを上記特定波長域においてそれぞれ比較し、上記補正用分光プロファイルに最も近似する分光プロファイルを与える発光時間について求められた上記特定波長域の分光プロファイル群を、当該補正対象の分光特性測定装置の基準分光プロファイル群として予め記憶しておくようにしているので、照明手段の発

光時間が変化すると連続スペクトルに対する輝線スペクトルの相対強度が変化することから、補正対象である個々の分光特性装置の照明手段が持つ上記相対強度がそれぞれ異なる場合でも、それぞれに最も近い上記相対強度の分光プロファイル群を基準分光プロファイル群として用いることが可能になり、その結果、波長シフト補正量を精度良く求めることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る分光特性測定装置の一実施形態である分光測色計を模式的に示す構成図である。

【図 2】同分光測色計の発光回路の電気的構成を示す図である。

【図 3】キセノンフラッシュランプの発光時間に対する相対発光強度を示す図である。

【図 4】センサアレイの分光感度を示す図である。

【図 5】センサ番号  $i$  の分光感度  $G_i(\lambda)$  を示す図である。

【図 6】分光輝度計によりランプの分光強度を測定するときの構成を示す図である。

【図 7】基準分光プロファイル群を求める手順を示すフローチャートである。

【図 8】キセノンフラッシュランプの発光スペクトル分布図である。

【図 9】波長シフト補正の手順を示すフローチャートである。

【図 10】(a) は 764nm 近傍の波長域の分光プロファイル  $X_i$  の一例を示す図、(b) は (a) の差分波形を示す図である。

【図 11】(a) (b) はシフト量に対する相関値の一例を示す図である。

【図 12】参照光センサアレイの分光感度の中心波長の校正手順を示すフローチャートである。

【図 13】ダブルチャネル分光部の機械的構成を示す斜視図である。

【図 14】赤外光遮断フィルタの取付構成を示す側面図である。

【図 15】赤外光遮断フィルタの入射光線および射出光線の屈折を示す断面図である。

【図 16】基準試料の分光反射率および差分波形を示す特性図である。

【図 17】波長シフト補正量の異なる求め方を説明する図である。

【図 18】遮蔽物によって波長シフトを生じさせる原理を説明するための図である。

【図 19】遮蔽によって波長シフトを生じさせる試料光分光部の構成を示す図である。

【図 20】基準分光プロファイルと波長シフト量との対応関係を求める場合のフローチャートを示す図である。

【図 21】波長シフト補正の方法を示すフローチャートである。

#### 【符号の説明】

10 積分球（照明手段）

12 キセノンフラッシュランプ（照明手段、所定光源）

13 試料用開口

20 発光回路（照明制御手段、補正制御手段）

35、44 回折格子（分光手段）

36 試料光センサアレイ（受光手段）

45 参照光センサアレイ

50 操作パネル部

55 表示部

60 制御部

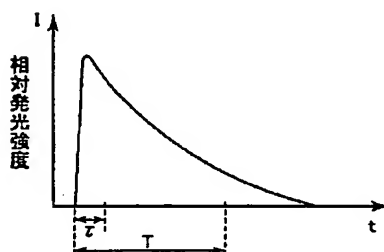
61 メモリ（分光感度記憶手段、基準分光プロファイル群記憶手段、シフト量記憶手段、補正量記憶手段）

62 CPU（照明制御手段、分光特性演算手段、補正制御手段、補正量演算手段、報知手段）

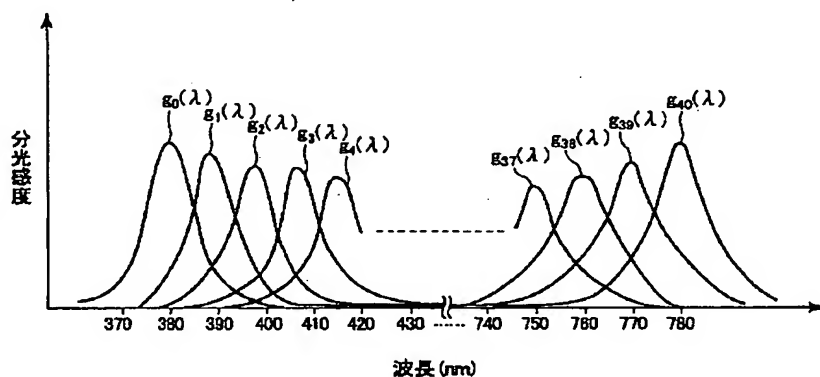
91、105 開口絞り

94、101 遮蔽物

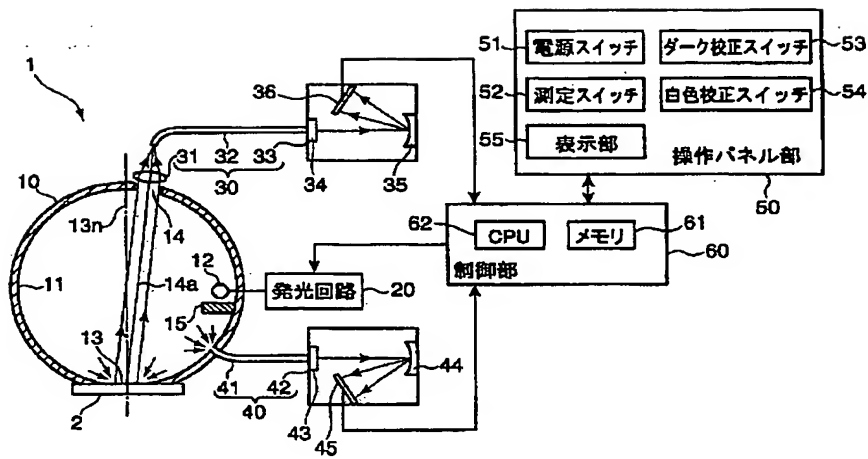
【図 3】



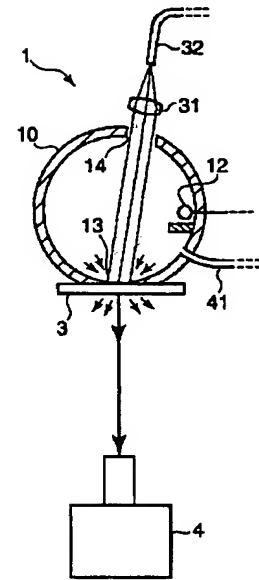
【図 4】



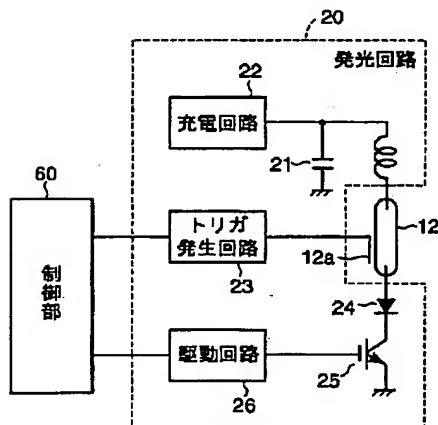
【図1】



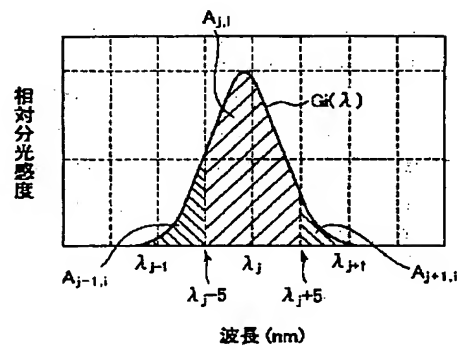
【図6】



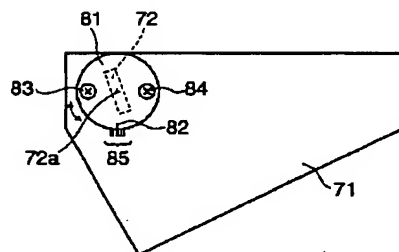
【図2】



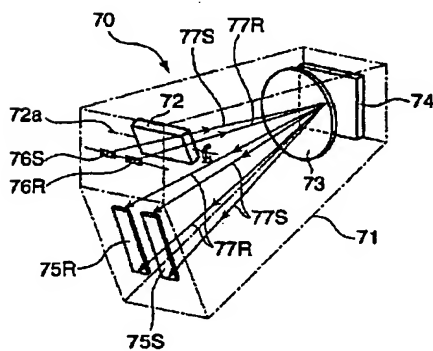
【図5】



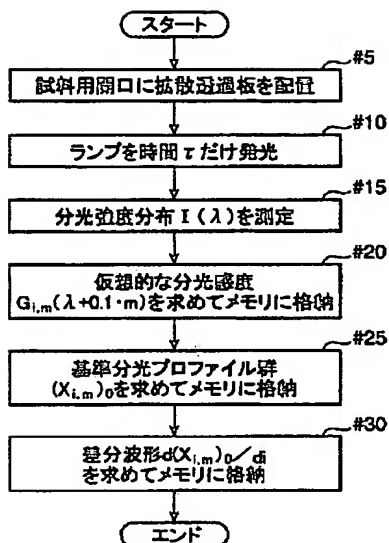
【図14】



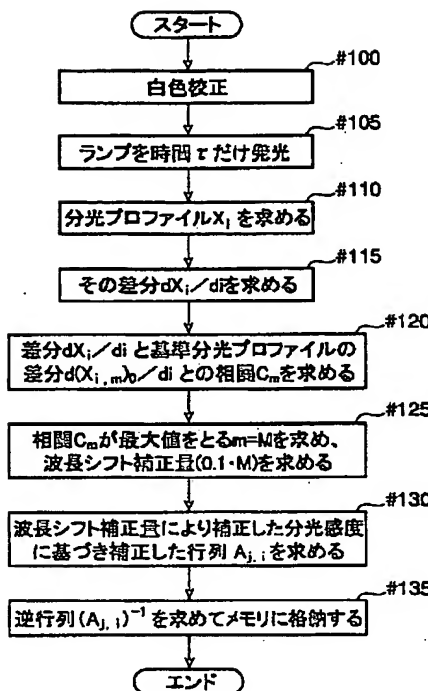
【図13】



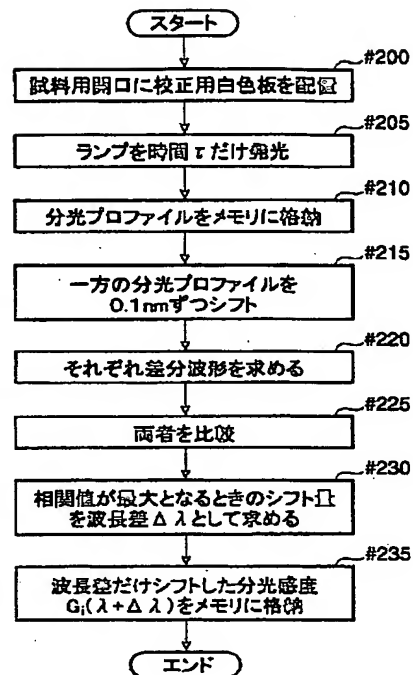
【図 7】



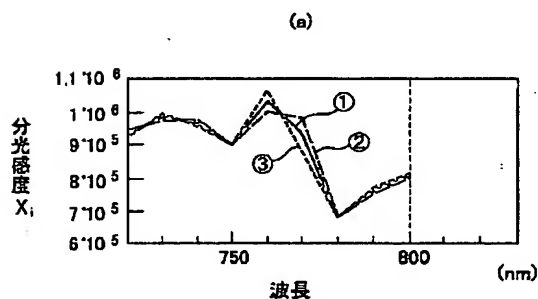
【図 9】



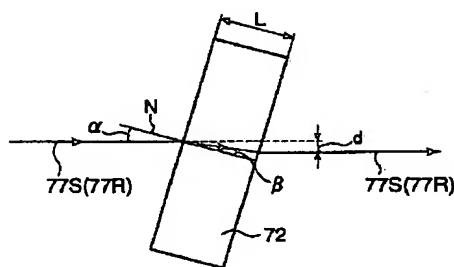
【図 12】



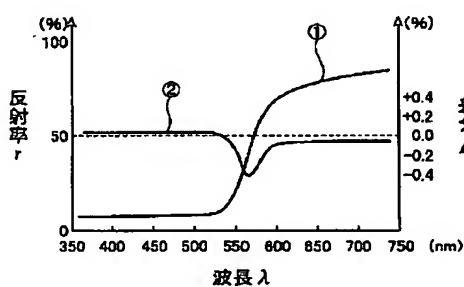
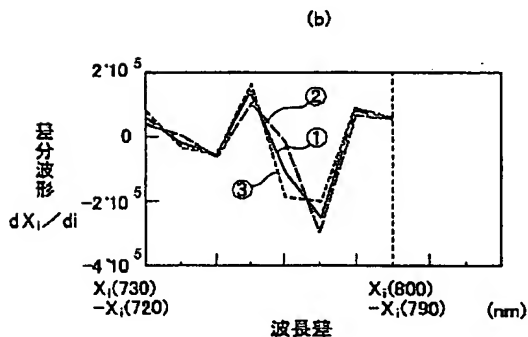
【図 10】



【図 15】

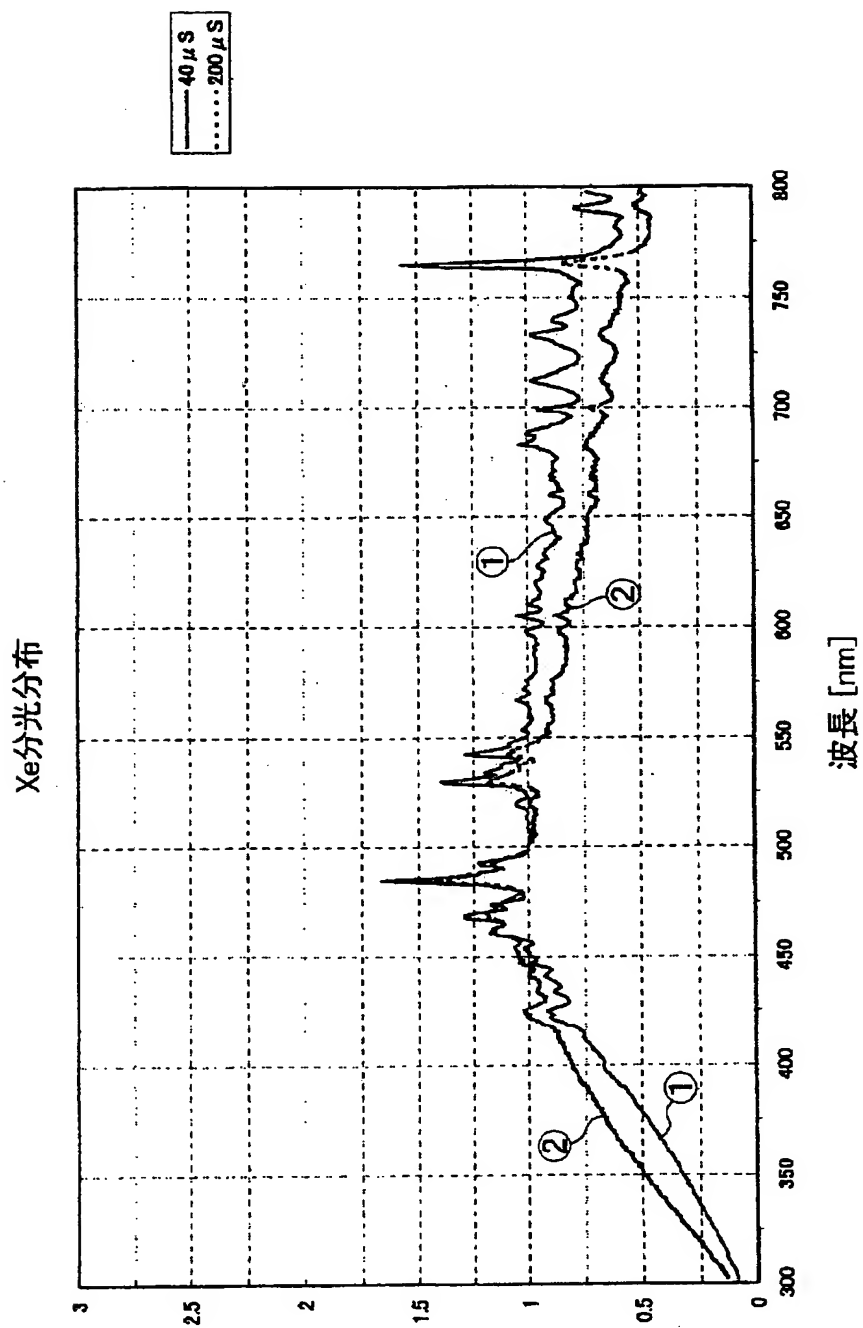


【図 16】

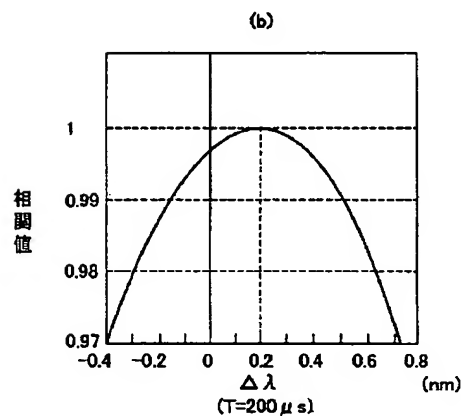
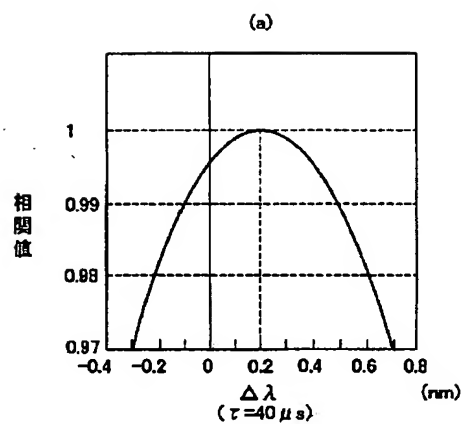




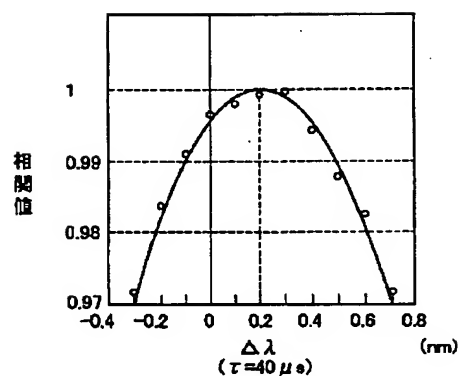
【図8】



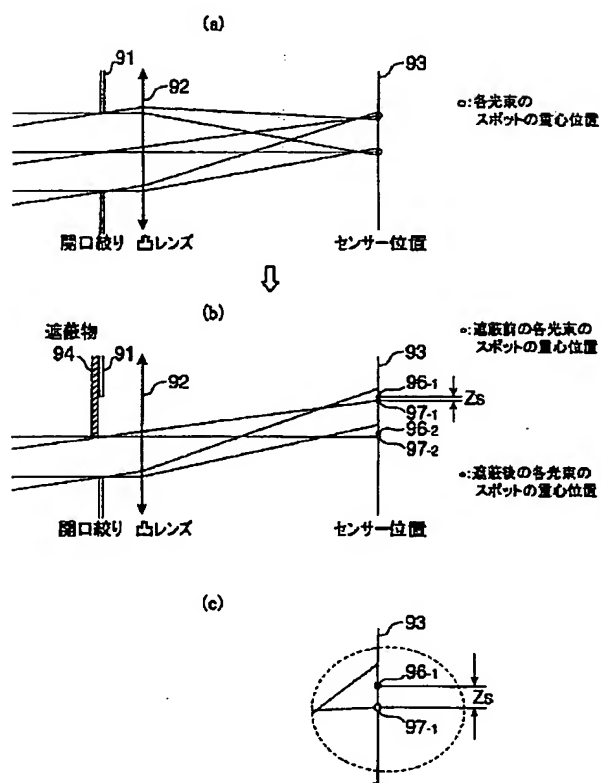
【図11】



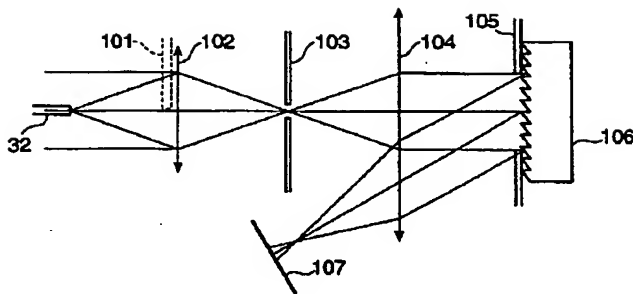
【図17】



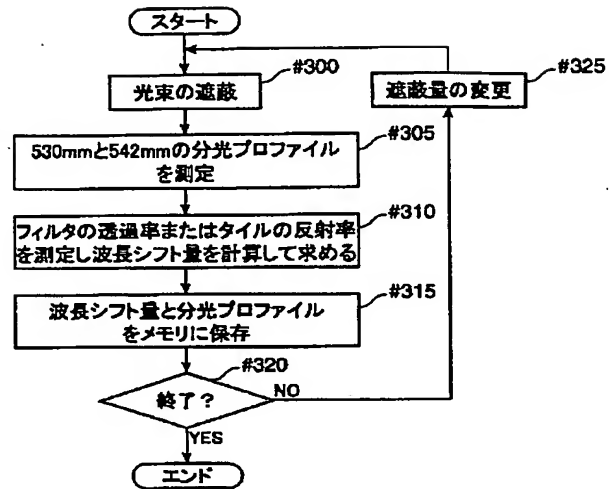
【図18】



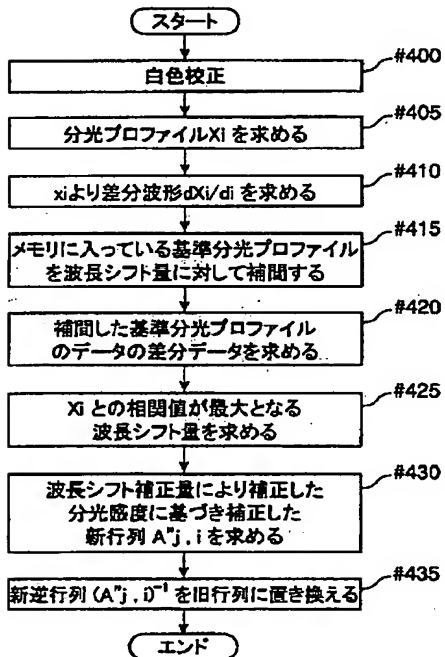
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G020 AA04 AA08 CA03 CB05 CB32  
CB43 CC02 CD31 CD34 CD36  
CD37 CD38 CD39 CD53 DA12  
DA22 DA31 DA34